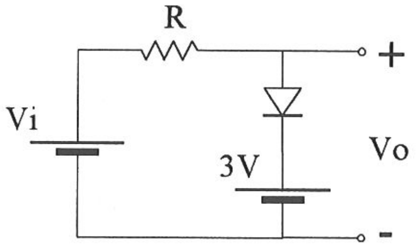
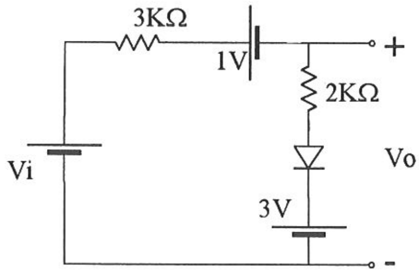
ESCOLA UNIVERSITARIA POLITECNICA DE VILANOVA I LA GELTRU	
EXAMEN DE ELECTRONICA FUNCIONES	FEBRERO 1997

PROBLEMA 1 *(3,5 puntos)*

1.- Obtener y representar la función de transferencia $V_o = f(V_i)$ de los siguientes circuitos recortadores, considerando que los diodos son ideales ($V_\gamma = 0$, $R_D = 0$):

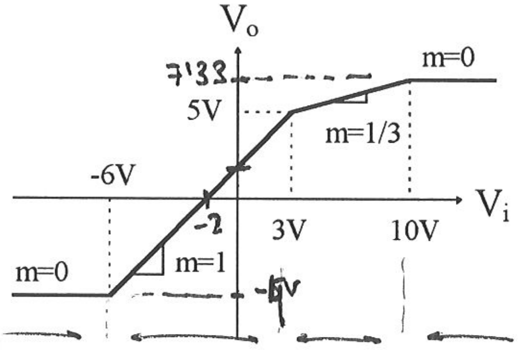


circuito 1.1



circuito 1.2

2.- Sintetizar un circuito recortador mediante diodos, resistencias y fuentes independientes de tensión, que proporcione la siguiente característica de transferencia:



Nota: Los diodos y los zeners deben ser ideales ($V_\gamma = 0$, $R_D = 0$, $R_R = 0$).

PROBLEMA 2 *(3 puntos)*

1.- El circuito de la figura 2.1 se denomina *multiplicador de V_{BE}* y su finalidad es obtener una tensión de referencia que cumpla la relación $V_{REF} = m \cdot V_{BE}$, donde *m* es un factor de escala que depende de R1 y R2.

Suponiendo que el BJT trabaja en activa y que la corriente de base es despreciable frente a la corriente I_{R1}, realizar el análisis del circuito con el fin de hallar la expresión del factor *m*.

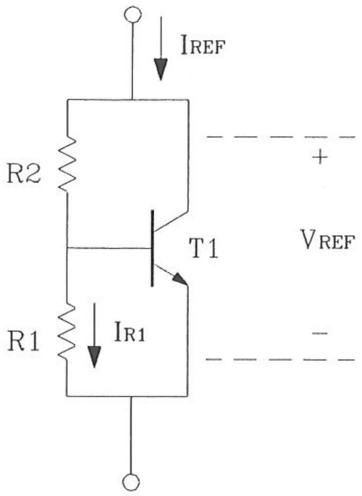


figura 2.1

2.- Si se desea que V_{REF}=15V, I_{REF}=1mA y I_{CQ}=0,5mA, ¿cuáles serán los valores de R1 y R2? *(Tómese $V_{BE}=0,7V$).*

3.- El circuito anterior se utiliza para polarizar un amplificador en emisor común, tal como se muestra en la siguiente figura:

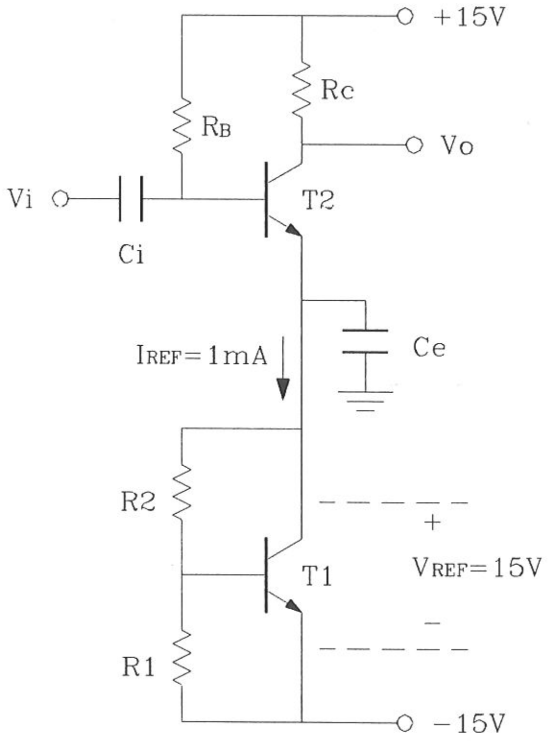


figura 2.2

Datos BJTs:

$V_{BE(act)}$ = 0,7V

$V_{CE(sat)}$ = 0,5V

h_{ie} = 2,5kΩ

$\beta = h_{fe}$ = 100

donde R1 y R2 han sido escogidas para que V_{REF}=15V con I_{REF}=1mA.

* Determinar el valor de la tensión en continua en el emisor de T2.
* ¿Cuál será el valor de R_B para una correcta polarización de T2?
* Hallar el valor de Rc con el fin de que V_{CEQ}=10V.

4.- * Representar el circuito equivalente en alterna del amplificador.

* Determinar y representar la recta de carga en alterna de salida.

* Calcular los márgenes dinámicos en tensión de T2 ($\Delta V_{CE(sat)}$, $\Delta V_{CE(corte)}$) y la máxima excursión simétrica de la tensión de salida ($\Delta V_{O(máx)}$).

5.- * Representar el circuito equivalente en pequeña señal.

* Calcular la ganancia de tensión del amplificador.

6.- Si la señal de entrada (Vi) es una senoide de 40mV de amplitud de pico, representar aproximadamente la tensión de salida (Vo) indicando los puntos más representativos.

PROBLEMA 3

(3,5 puntos)

El circuito de la figura 3.1 representa un amplificador diferencial (T1-T2) polarizado mediante una fuente de corriente (T3, T4 y T5).

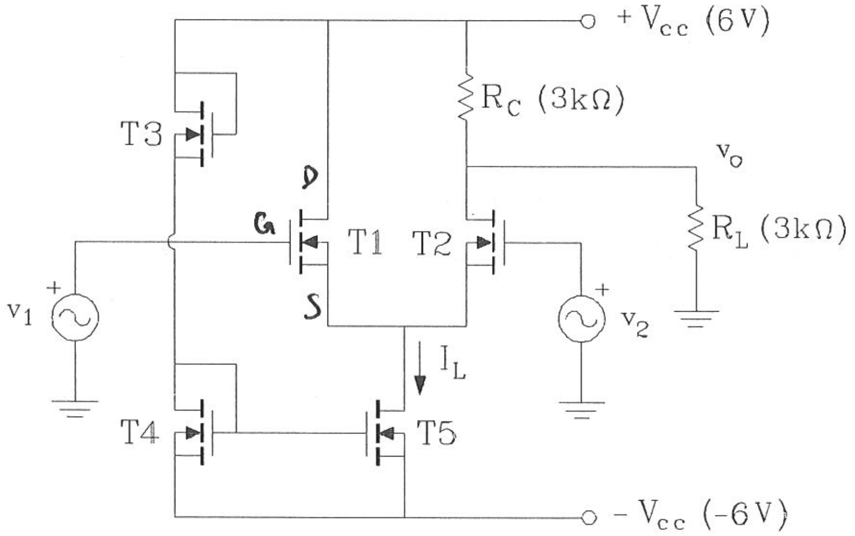


figura 3.1

Se dispone de una fuente de alimentación simétrica de 6V y de transistores con las siguientes características:

	T1	T2	T3	T4	T5
V_P (V)	2	2	4	2	2
I_{DSS} (mA)	110	10	20	20	30
r_{ds} (kΩ)	∞	∞	∞	50	50

Se pide:

Estudio en DC

1.- Completar la tabla siguiente con el punto de reposo de los transistores T1,T2,T3,T4 y T5, y la zona de funcionamiento en que estos se encuentran polarizados.

	T1	T2	T3	T4	T5
V_{GS_Q} (V)					
I_{D_Q} (mA)					
V_{DS_Q} (V)					
zona funcionam.					

Estudio en AC

2.- Representar el circuito equivalente en pequeña señal del amplificador de la figura 3.1.

3.- Si la tensión en modo común v_c y la tensión diferencial v_d se definen como:

$$v_c = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad ; \qquad v_d = v_1 - v_2$$

obtener la ganancia en modo común A_C y la ganancia diferencial A_D del amplificador.

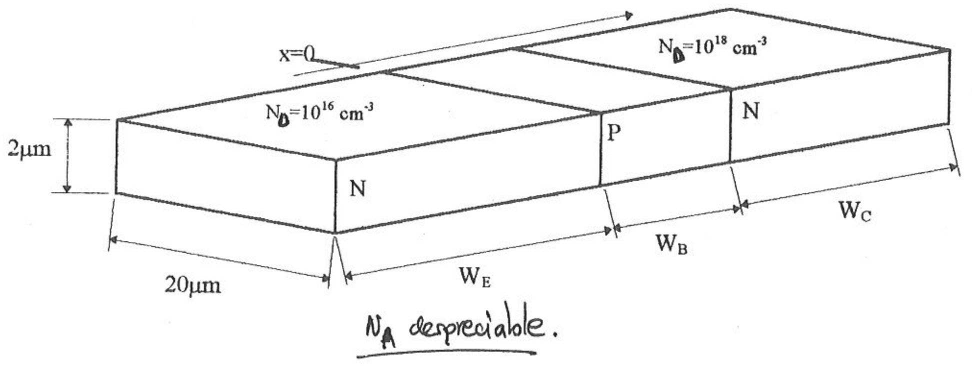
4.- Calcular la relación de rechazo en modo común CMRR del amplificador diferencial.

ESCOLA UNIVERSITARIA POLITECNICA DE VILANOVA I LA GELTRU	
EXAMEN DE ELECTRONICA FUNCIONES	SEPTIEMBRE 1996 1er CUATRIMESTRE

El examen se realizará sin apuntes. Se puede utilizar una hoja (máximo) con las fórmulas que se consideren de interés.
Entregar cada problema en hojas separadas.
Todas las hojas que estén sobre la mesa deberán tener el nombre del alumno.
Situar en lugar visible un documento acreditativo.

PROBLEMA 1 *(6 puntos)*

La siguiente figura representa un transistor bipolar del cual se conocen ciertos datos:



$\mu_n = 2{,}1 \cdot 10^9\, T^{-2{,}5}\, \frac{cm^2}{V \cdot s}$

$\mu_p = 2{,}3 \cdot 10^9\, T^{-2{,}7}\, \frac{cm^2}{V \cdot s}$

$T = 293^o K$

$n_i^2 = 1{,}5 \cdot 10^{33}\, T^3 e^{\frac{-14000}{T}}\, cm^{-6}$

$q = 1{,}6 \cdot 10^{-19} C$

$V_T = 25 mV$

1.- Suponiendo el transistor aislado y en equilibrio, hallar la diferencia de tensión entre las dos zonas neutras N.

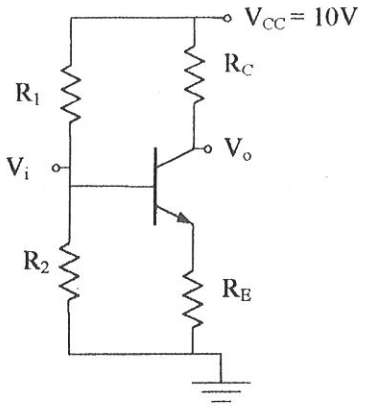
2.- Sabiendo que por el emisor y colector circulará una corriente de unos 100µA, hallar el campo eléctrico en $x=W_B+W_C$ y en $x=-W_E$, que son, respectivamente, los extremos del colector y emisor (suponer que las zonas neutras son lo suficientemente largas como para despreciar los efectos de la z.c.e.).

3.- Sobre la siguiente expresión de la ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = G_{ext} - \frac{p - p_o}{t_p} - m\,\frac{\partial (p \cdot E)}{\partial x} + D_p \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$$

comentar brevemente que representa cada uno de los cuatro términos de la ecuación, indicando el significado de cada variable.

Deseamos polarizar el siguiente BJT:



Datos:

$h_{fe} = 300 - (I_{CQ}(mA) - 10)^2$

$h_{ie} = \frac{V_T}{I_{BQ}}$

$r_{oe} \to \infty$

$h_{FE} = 300$

4.- Obtener la expresión de la ganancia de tensión: $A_V = \frac{v_o}{v_i}$. Indicar el valor de R_E a usar si se desea obtener ganancia máxima, justificadamente.

5.- Hallar el máximo valor de h_{fe} y la corriente de colector a la cual se produce. Con esta h_{fe} e I_{CQ}, ¿se obtiene la máxima ganancia de tensión del amplificador? Razonar la respuesta.

6.- Con R_E=500Ω, calcular los valores de R_1 y R_2 que polarizan el transistor a máxima h_{fe}.

1^er^ Q. ELEF SET'96 TEST

PREGUNTA 1

Disponemos una unión P-N aislada y en equilibrio, cuyas zonas P y N están fuertemente dopadas. Sabiendo que, además, la zona P está mucho más dopada que la zona N, indicar cuál es la relación correcta:

a) $n_{po} < p_{no}$

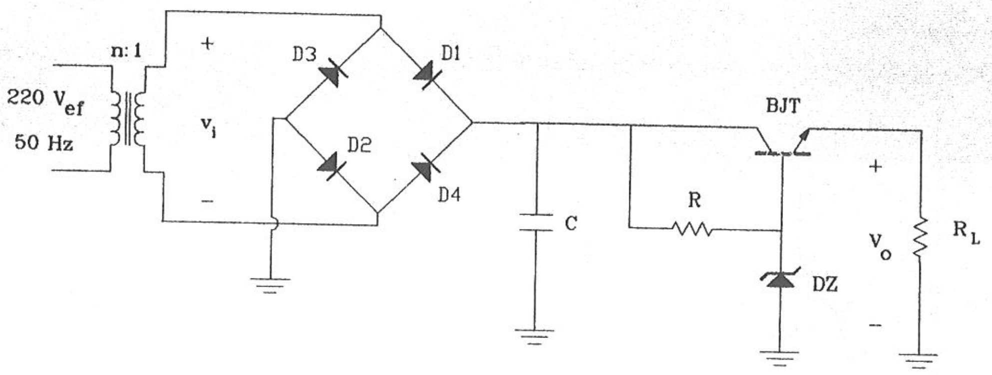
b) $p_{po} < n_{po}$

c) $n_{no} < p_{no}$

d) $p_{po} < n_{no}$

PREGUNTA 2

Indicar la afirmación correcta sobre el circuito regulador de tensión de la figura adjunta (se sabe que la tensión de salida es aproximadamente de 10V):



a) Los diodos D1 y D2 conducen durante todo el semiperiodo en el que la tensión en la entrada del transformador es positiva.

b) El rizado de la tensión sobre la resistencia de carga nunca podrá ser superior al rizado de la tensión sobre el condensador de filtrado.

c) La potencia máxima que debe soportar el diodo zener aumenta a medida que la capacidad del condensador de filtrado disminuye.

d) Todos los diodos deben soportar una tensión inversa del doble de la máxima que aparece en la salida del transformador.

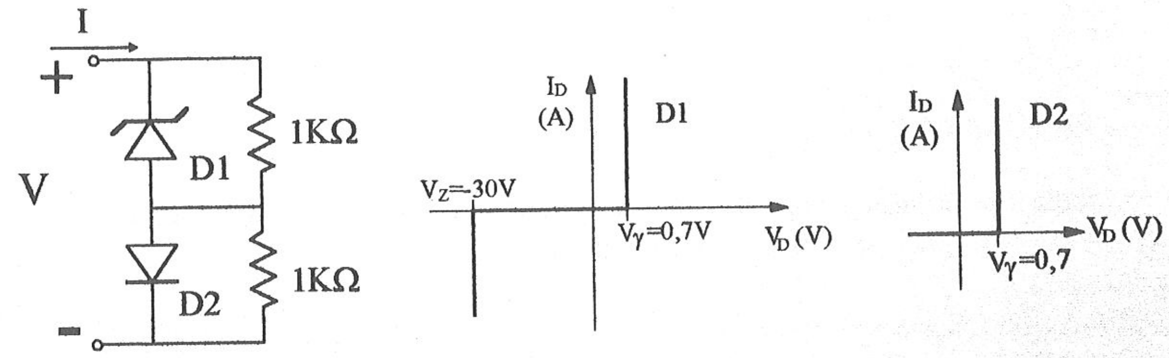
PREGUNTA 3

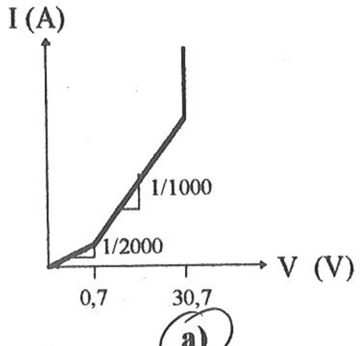
Indicar cuál es la afirmación falsa:

a) La Generación de pares e^{-}-h^{+} en un semiconductor aumenta con la temperatura.
b) La incidencia de luz en un semiconductor aislado aumentará la Generación y a su vez la Recombinación (suponiendo que la energía de los fotones es mayor que E_{gap}).
c) Si G=R (Generación = Recombinación), se debe cumplir n = p.
d) La recombinación aumenta si n o p aumentan.

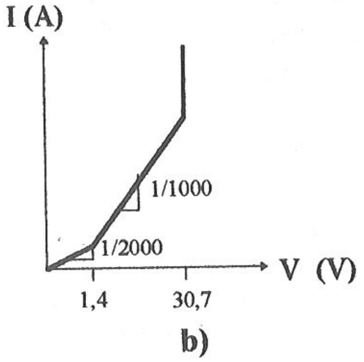
PREGUNTA 4

Indicar cuál es la característica V/I correcta del siguiente circuito:

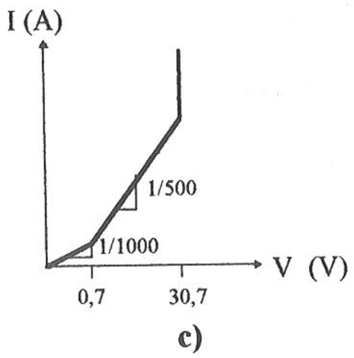




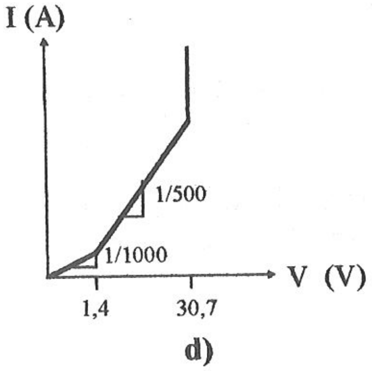
a)



b)



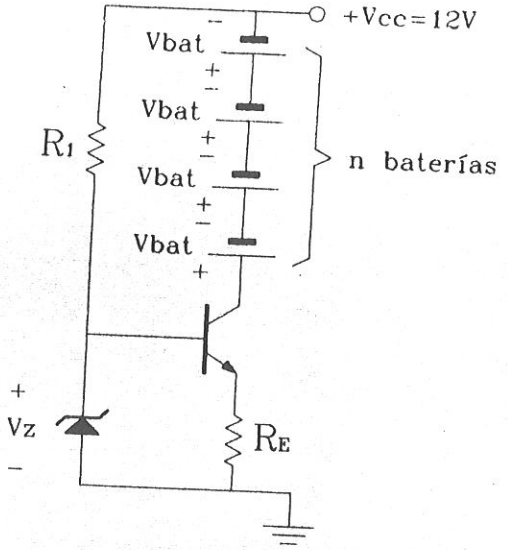
c)



d)

PREGUNTA 5

El siguiente circuito representa un descargador de baterías Ni-Cd, basado en un BJT que trabaja en zona activa con una corriente de colector constante de ICQ=10mA.



RE=500Ω

VCE(sat)=0,5V

VCE(máx)=20V

Vbat=1,2V

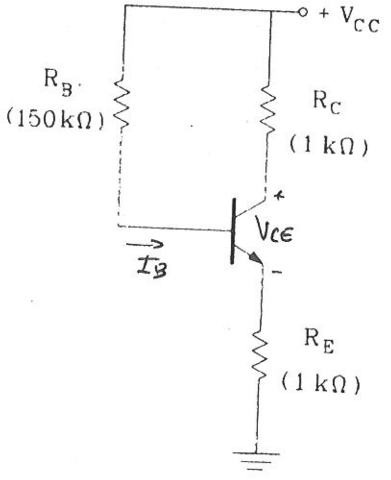
hFE=500

¿Cuál será el número máximo de baterías (n) que podrán conectarse sin que se destruya el BJT?

a) n = 11 **b)** n = 10 **c)** n = 6 **d)** n = 8

PREGUNTA 6

Indicar la afirmación **incorrecta** sobre el circuito de la figura:



a) El transistor no puede estar polarizado en región de saturación.

b) En activa, la tensión entre colector y emisor es insensible a las variaciones de la tensión de alimentación.

c) Al aumentar la tensión de alimentación la potencia disipada sobre la resistencia de colector aumenta.

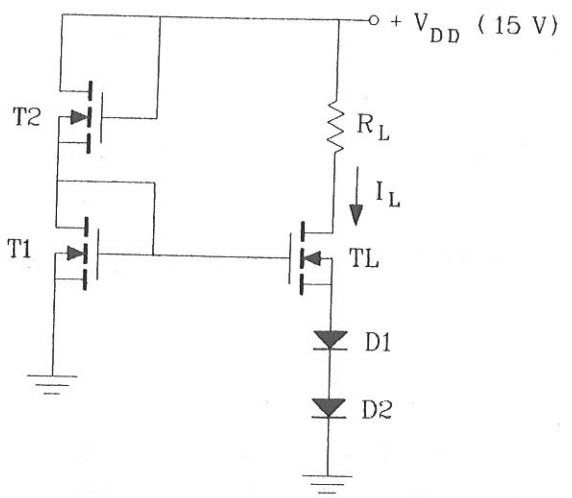
d) En activa, la potencia disipada por el transistor es constante.

Datos: $h_{FE}=150$, $V_{BEact}=0.7V$, $V_{CEsat}=0.2V$

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BEQ}}{R_B + R_E(h_{FE}+1)}$$

PREGUNTA 1

Indicar el margen de valores que puede tomar la resistencia de carga para que el circuito de la figura se comporte como una fuente de corriente:



a) $1k\Omega < R_L < 10k\Omega$.

b) $R_L < 4.6k\Omega$.

c) $R_L > 500\Omega$.

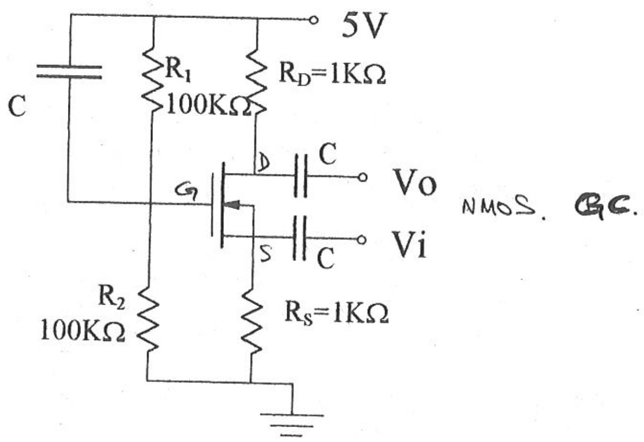
d) $R_L < 5.2k\Omega$.

Datos: T1, T2 y TL idénticos con I_{DSS} =10mA y V_P =4V

D1 y D2 ideales con V_γ =0.75V

PREGUNTA 2

Hallar la ganancia de tensión en el circuito de la figura, utilizando: V_P= -6V, $r_{ds}=\infty$, g_m=1mA/V, $C\omega\to\infty$.



a) A_V=0; pues el MOS está polarizado en corte.

b) A_V= -1; debemos añadir el signo por ser una etapa inversora.

c) A_V=1; esta etapa no es inversora.

d) A_V=0; pues no llega tensión de entrada a salida debido a los condensadores.

PREGUNTA 3

Indicar la afirmación correcta:

a) La ganancia de tensión en una etapa amplificadora en colector común con condensador desde emisor a masa es aproximadamente la unidad.

b) Al desconectar el condensador de emisor en una etapa amplificadora en emisor común la ganancia de tensión disminuye.

c) La ganancia de tensión en una etapa en emisor común no depende del valor de la corriente de colector en reposo.

d) La impedancia de entrada de una etapa amplificadora en surtidor común depende de la resistencia de drenador.

PREGUNTA 4

Una aproximación de la característica V/I de un JFET polarizado en saturación (que considera los efectos de v_{DS} sobre i_D), es dada por la siguiente expresión:

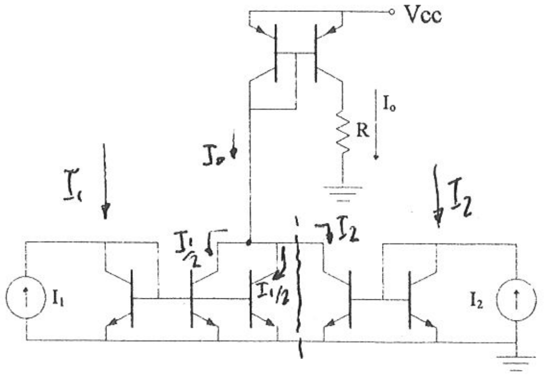
$$i_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{v_{GS}}{v_P}\right)^2 \left(1 + \lambda\, v_{DS}\right)$$

Si el JFET presenta las siguientes características: I_{DSS}=10mA; V_P=-4V; λ=0,01V^{-1} y está polarizado en V_{DSQ}=10V, V_{GSQ}= -1,5V, ¿Cuál será el valor del parámetro r_{DS} del modelo de pequeña señal?

a) $r_{DS} = 25{,}6K\Omega$ **b)** $r_{DS} = 16K\Omega$ **c)** $r_{DS} \to \infty$ **d)** $r_{DS} = 0$

PREGUNTA 5

En el siguiente circuito, realizado con espejos de corriente, ¿cuál es la expresión de la corriente de salida I_o? (Nota: supóngase que todos los BJT están en activa y que todas las corrientes de base se pueden despreciar frente a las de colector).



a) $I_o = 0{,}5I_1 + I_2$

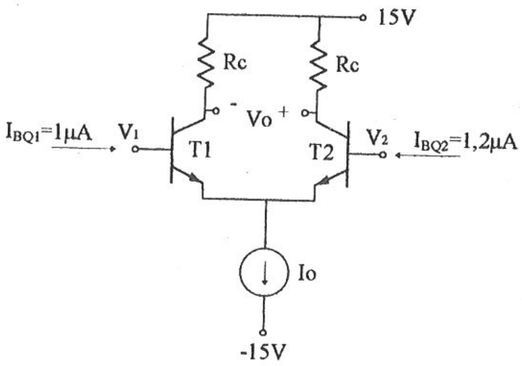
b) $I_o = 2I_1 + I_2$

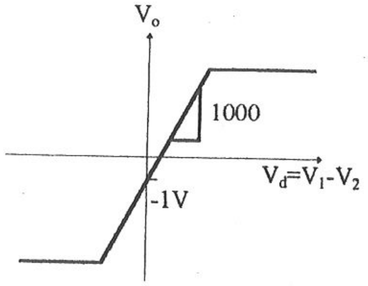
c) $I_o = 2I_1 - I_2$

d) $I_o = I_1 + 2I_2$

PREGUNTA 6

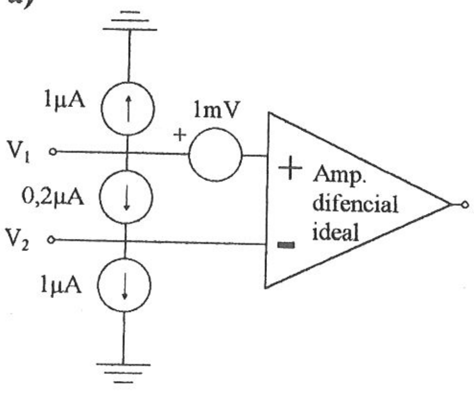
En el amplificador diferencial de la figura tenemos unas corrientes de polarización de base de 1μA i 1,2μA. Su característica $V_o(V_d)$ se ve representada en la figura, mostrando la existencia de offset:



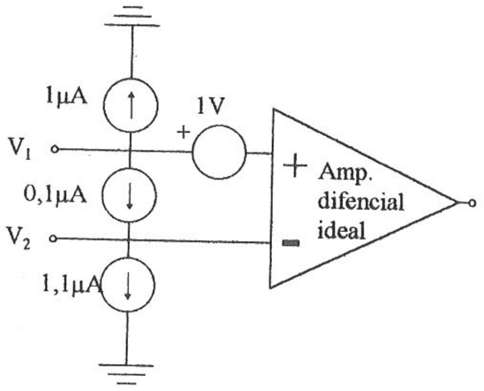


Indicar a cual de los siguientes modelos se ajusta mejor el amplificador diferencial, utilizando un amplificador diferencial ideal, sin efectos de offset ni corrientes de polarización:

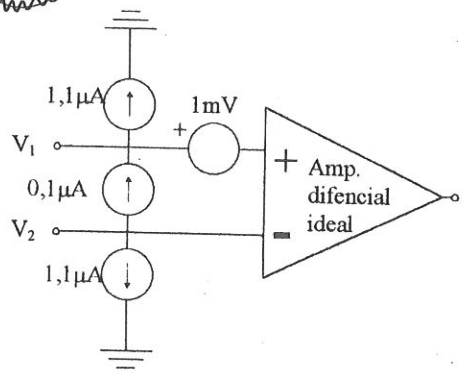
a)



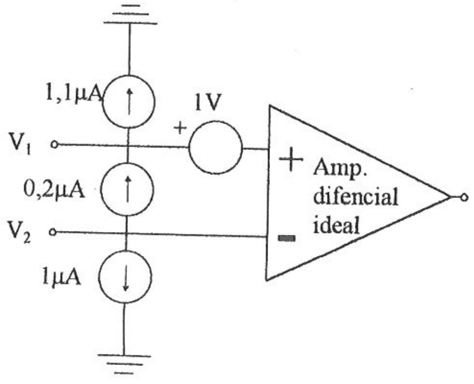
b)



c)



d)



ESCOLA UNIVERSITARIA POLITECNICA DE VILANOVA I LA GELTRU	
EXAMEN DE ELECTRONICA FUNCIONES	SEPTIEMBRE 1996 2° CUATRIMESTRE

PROBLEMA 1 *(4 puntos)*

La figura 1 muestra un amplificador constituido por una etapa en emisor común acoplada en continua (acoplo directo) con una etapa en surtidor común.

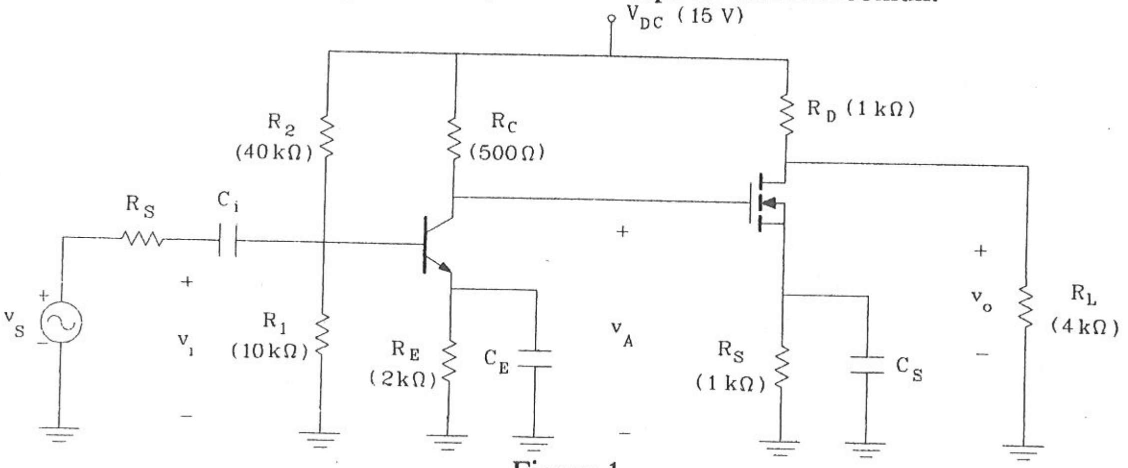


Figura 1

Sabiendo que los transistores se encuentran polarizados en región activa (I_{CQ} =1.1mA, V_{CEQ} =12.2V) y en saturación (I_{DQ} =1.4mA, V_{DSQ} =9.5V), se pide:

1.- Obtener los márgenes dinámicos de la tensión entre colector y emisor del transistor bipolar: ΔV_{CEsat} y $\Delta V_{CEcorte}$.

2.- Calcular los márgenes dinámicos de la tensión entre drenador y surtidor del transistor de efecto campo: ΔV_{DSohm} y $\Delta V_{DScorte}$.

Si la tensión de entrada al amplificador v_S supera un cierto valor, la tensión de salida de la etapa en emisor común v_A y la tensión de salida del amplificador v_o presentan las formas mostradas en la figura 2.

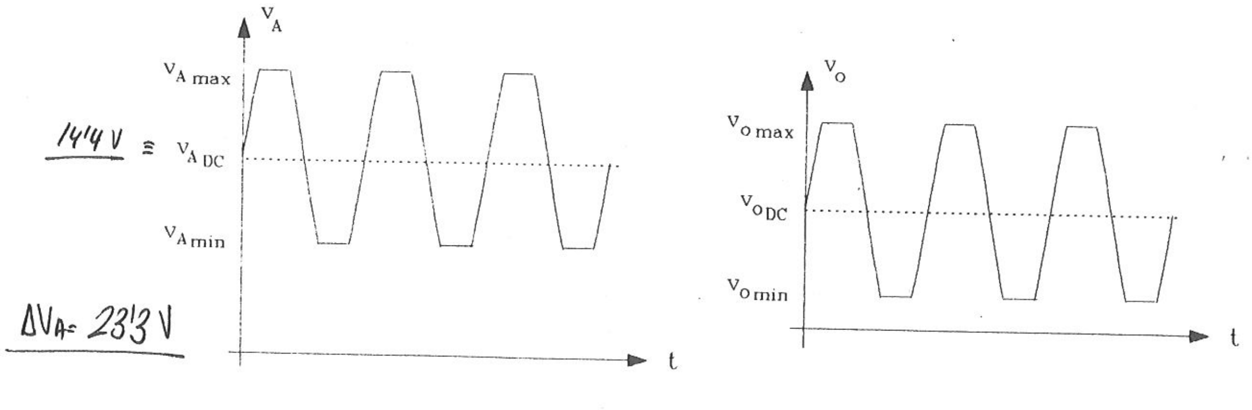


Figura 2

3.- Calcular el valor de las tensiones v_{Amax} y v_{Amin} considerando que **el amplificador se haya constituido únicamente por la etapa en emisor común.**
4.- Considerando nuevamente el **amplificador completo** de la figura 1, calcular el valor de las tensiones v_{omax} y v_{omin}. ¿Qué dispositivo limita estos valores máximo y mínimo de la tensión de salida del amplificador?. Razonar la respuesta.

Datos:

BJT: $V_{BEact} = 0.7V$; $V_{CEsat} = 0.2V$; $h_{FE} = 100$; $h_{fe} = 120$; $h_{ie} = 1.25k\Omega$; $h_{oe} = h_{re} = 0$
MOST: $I_{DSS} = 1mA$; $V_P = 6V$; $g_m = 0.4mA/V$; $r_{ds} = \infty$
otros: $v_S = V_S \cdot \sin wt$; $wC_i, wC_E, wC_S \to \infty$

PROBLEMA 2 *(3 puntos)*

Dado el amplificador diferencial de la Fig. 2.1, realizado con BJTs idénticos y polarizados con una fuente de corriente supuesta no ideal, se pide:

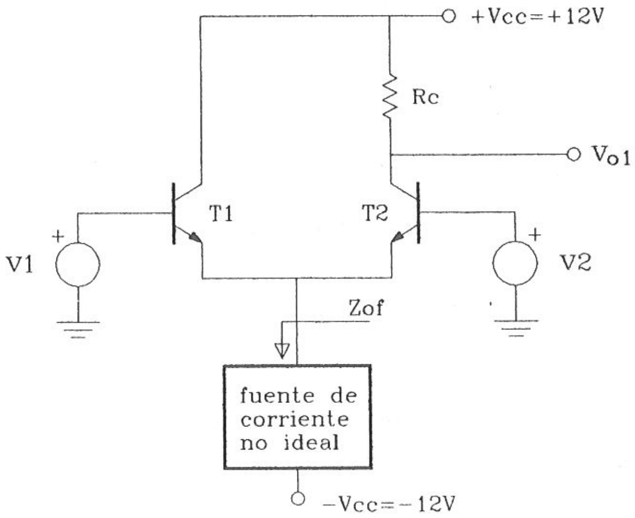
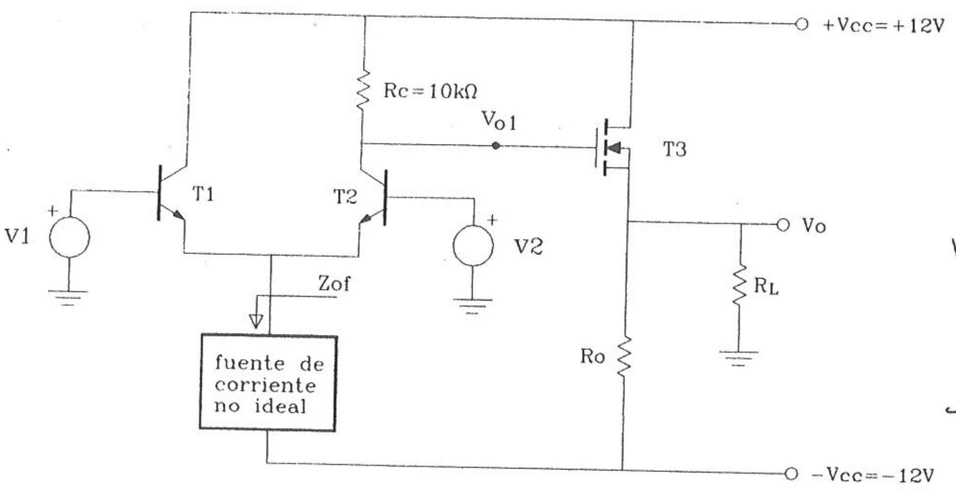


Fig. 2.1

1.– Si las señales aplicadas a las entradas (v1 y v2) son tales que la tensión de entrada en modo diferencial es de vd = 3,5mV y la tensión de entrada en modo común es de vc = 125mV, ¿cuál debe ser el valor de la relación en rechazo en modo común (CMRR) para que la magnitud de la tensión de salida debida a la entrada en modo común sea 100 veces menor que la magnitud de la tensión de salida debida a la entrada en modo diferencial?

2.– Suponiendo los siguientes datos:
Rc = 10kΩ; ICQ1 = ICQ2 = 0,5mA; hfe1 = hfe2 = 100; hie1 = hie2 = 5kΩ; hoe1 = hoe2 = 0.
¿Cuál debe ser el valor de la impedancia de salida de la fuente de corriente (Zof) para lograr un CMRR=70dB?

3.– Con el fin de efectuar un desplazamiento de nivel de continua, se completa el circuito inicial, quedando como se representa en la Fig. 2.2:



$I_{DSS} = 5mA$

$V_p = 4V$

Fig. 2.2

Suponiendo que los BJTs del amplificador diferencial están polarizados con una ICQ=0,5mA, ¿cuál deberá ser el valor de la resistencia Ro para lograr que la tensión continua de salida sea de Vo=0?

4.– Si las ganancias del amplificador diferencial son:

$$|Ad| = \left|\frac{vo1}{vd}\right|_{vc=0} = 100\,, \qquad |Ac| = \left|\frac{vo1}{vc}\right|_{vd=0} = 0,03$$

la transconductancia del MOSFET es gm=1,5mA/V, y los valores de las resistencias son Ro=4kΩ y RL=1kΩ, ¿cuáles serán los valores de las ganancias en modo diferencial y en modo común del amplificador completo, definidas como:

$$ADT = \left.\frac{vo}{vd}\right|_{vc=0}\,, \qquad ACT = \left.\frac{vo}{vc}\right|_{vd=0}\ ?$$

TEST HD EI

SOLUCION EXAMEN ELEF

FEBRERO 1995

HOJA DE RESPUESTA TEST

FEBRERO 1995

APELLIDOS: ______________________ ______________________

NOMBRE:______________________ **D.N.I:** ____________

OBSERVACIONES:

1.- Marcar con un círculo la respuesta considerada correcta.
2.- Para anular una respuesta superponer una X al círculo.
3.-Cualquier otra marca provocará que la respuesta sea considerada errónea.
4.-Cada respuesta errónea descontará 1/4 del valor de cada pregunta.
5.- TIEMPO: 60 minutos.
6.- PUNTUACION: 3,5 puntos.

PREGUNTA 1	A	B	C	D

PREGUNTA 2	A	B	C	D

PREGUNTA 3	A	B	C	D

PREGUNTA 4	A	B	C	D

PREGUNTA 5	A	B	C	D

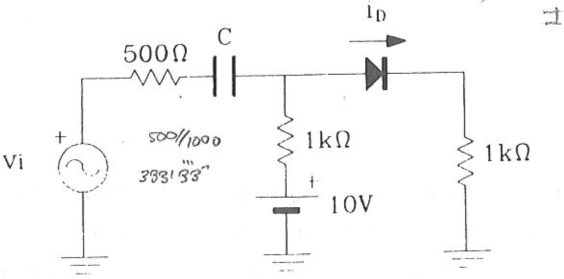
PREGUNTA 6	A	B	C	D

Código de prueba 5264891

PREGUNTA 1

En el siguiente circuito se supone que el diodo presenta un comportamiento ideal y trabaja en régimen de pequeña señal. Determinar el valor de la corriente total del diodo (i_D) al aplicar una señal de entrada de $v_i = 10 \cdot \sin\omega t$ (mV):

$i_D = I_D + i_d$ (DC) $10\,V = I_D (1k + 1k)$ $I_D = 0'005A = 5\,mA$



$C\omega \rightarrow \infty$

a) $i_D = 5 - 0.005 \cdot \sin\omega t$ (mA)

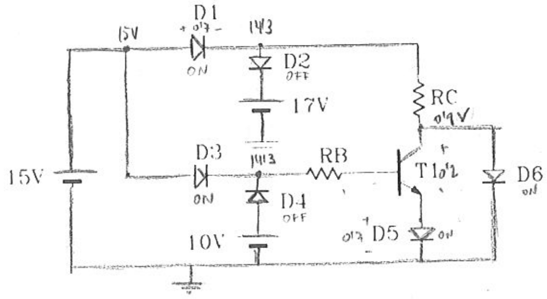
b) $i_D = 5 + 0.005 \cdot \sin\omega t$ (mA)

c) $i_D = 5$ mA (mA)

d) $i_D = -5 + 0.005 \cdot \sin\omega t$

PREGUNTA 2

Indicar cúal son los estados de cada uno de los dispositivos del circuito de la figura:



Considerar: Diodos: $V\gamma = 0{,}7$ V
Transistor: VBE en activa = 0,7 V ; VCEsaturación = 0,2 V

a) D1 ON ; D2 ON ; D3 ON ; D4 ON ; D5 OFF ; D6 ON ; T1 CORTE

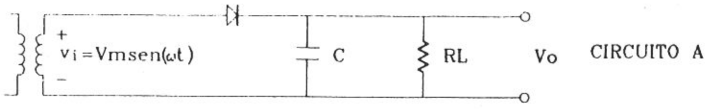
b) D1 ON ; D2 OFF ; D3 ON ; D4 OFF ; D5 ON ; D6 OFF ; T1 ACTIVA

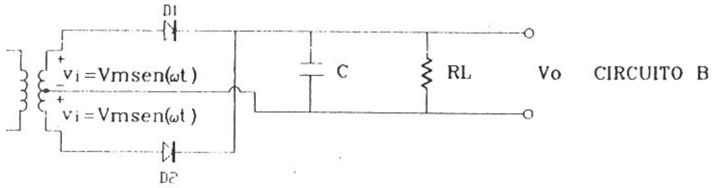
c) D1 ON ; D2 OFF ; D3 ON ; D4 OFF ; D5 ON ; D6 ON ; T1 SATURADO

d) D1 ON ; D2 OFF ; D3 ON ; D4 OFF ; D5 ON ; D6 ON ; T1 ACTIVA

PREGUNTA 3

Se tienen dos circuitos A y B que rectifican y filtran aceptablemente la tensión de entrada v_i





Marcar la afirmación que se considere **errónea**:

a) Los diodos del circuito B deben soportar una tensión inversa similar a la que han de soportar los diodos del circuito A.

b) Para obtener la misma tensión de rizado el condensador del circuito A debe ser mayor que el condensador del circuito B.

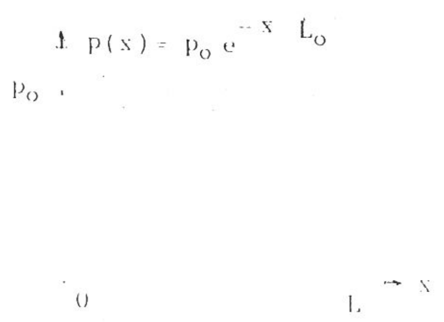
c) La tensión eficaz de salida "V_{oef}" vale, en cada caso:

Circuito A: $V_{oef} = \frac{V_m}{2}$ Circuito B $V_{oef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

d) Cuanto mayor sea la capacidad "C" el rizado de la tensión de salida v_o será menor.

PREGUNTA 4

La siguiente figura presenta la distribución de huecos en un semiconductor aislado y en equilibrio, este perfil provoca la aparición de un campo eléctrico ... :



a) constante.

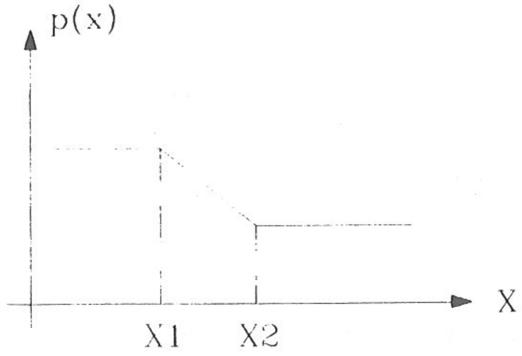
b) positivo (dirigido hacia las x positivas).

c) nulo.

d) lineal con x.

PREGUNTA 5

El semiconductor de la figura se encuentra aislado y en equilibrio, indicar cúal de las siguientes afirmaciones es **falsa**:



a) La densidad de corriente de arrastre de huecos tiene el mismo valor y signo que la densidad de corriente de arrastre de electrones entre los puntos X_1 y X_2

b) La densidad de corriente de difusión entre los puntos X_1 y X_2 tiene el mismo sentido que la densidad de corriente de difusión de electrones.

c) La densidad de corriente total entre los puntos X_1 y X_2 es cero.

d) La corriente de arrastre debida a huecos entre los puntos X_1 y X_2 es negativa.

PREGUNTA 6

Si en una región neutra de un semiconductor tipo N, el exceso de huecos viene dado por

la expresión: $\Delta p(x) = 10^{10} \dfrac{(W-x)}{W} cm^{-3}$ → $\Delta p(0) = 10^{10}$

¿Cual es el valor de la corriente de difusión de **electrones** en x=0?:

Datos: μ_n=1500cm^2/V·s W=1mm V_T=25mV A=1cm^2 q=1,6·10^{-19}C

a) -0,6μA

c) 24μA

b) 0,24μA

d) -16μA

$J_{dp} = -q_e \cdot D_p \cdot \dfrac{dp(x)}{dx}$

$\Delta p(x)$

ESCOLA UNIVERSITARIA POLITECNICA DE VILANOVA I LA GELTRU	
EXAMEN DE ELECTRONICA FUNCIONES	FEBRERO 1995

El examen se realizará sin apuntes. Se puede utilizar una hoja (máximo) con las fórmulas que se consideren de interés.
Entregar cada problema en hojas separadas.
Todas las hojas que se estén sobre la mesa deberán tener el nombre del alumno.
Situar en lugar visible documento acreditativo.

PROBLEMA 1 *(3,5 puntos)*

El circuito de la figura 1.1. está basado en un diodo ideal DI y en un diodo zener BZX79C20. En la figura 1.2. se proporciona la curva característica del diodo zener para tensiones negativas, considérese que para tensiones positivas la curva característica es ideal.

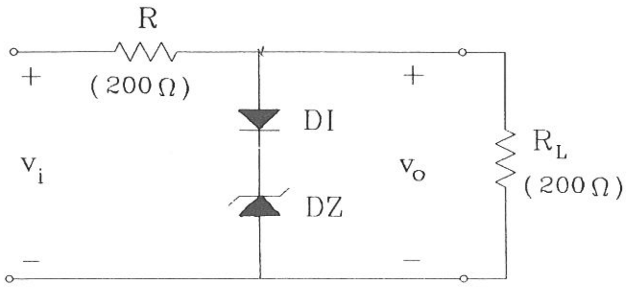


figura 1.1

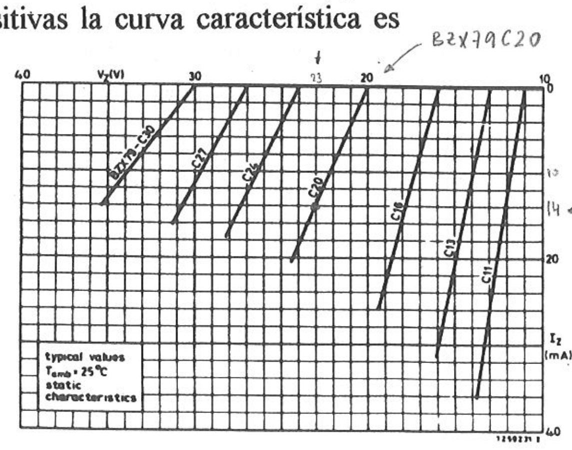


figura 1.2

Se pide:

1) Obtener el modelo del diodo zener (mediante aproximación lineal por tramos de su curva característica), indicando el valor numérico de sus parámetros.

2) **Para el resto del ejercicio tómese Vz=20 V y Rz=100Ω** . Si la tensión de entrada toma el valor v_i=46 V, calcular la corriente y la potencia disipada por el diodo zener indicando la zona de funcionamiento de los dos diodos.

3) Obtener la función de transferencia v_o=f(v_i) del circuito de la figura 1.1. Representarla gráficamente indicando los puntos de interés.

PROBLEMA 2 *(3 puntos)*

Se desea realizar un circuito para encender un diodo LED, basado en una fuente de tensión de 12V, una resistencia de protección del LED y un interruptor (S1), según se muestra en la fig. 2.1:

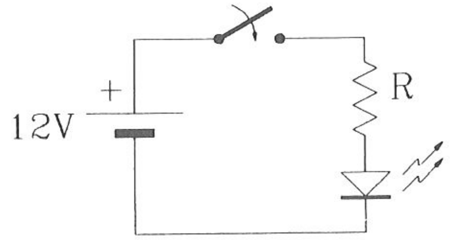


fig. 2.1

El diodo LED se ilumina en condiciones óptimas cuando la corriente que lo atraviesa es de 100mA; sin embargo el interruptor tan solo puede soportar una corriente máxima de 10mA. En vista de ello, se descarta el circuito de la fig. 2.1, y se propone el circuito de la fig 2.2:

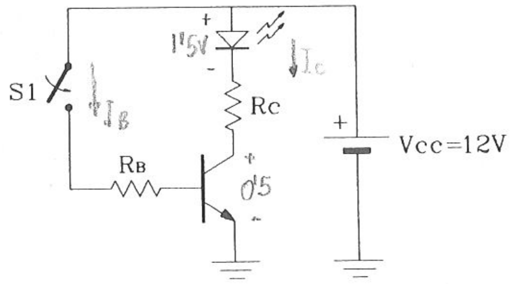


fig. 2.2

En el circuito de la fig. 2.2, al cerrar el interruptor S1, se desea que el BJT se polarice en la zona de **saturación** y que la corriente que atraviese el LED sea de 100mA, procurando que la corriente en el interruptor sea inferior a 10mA.

Entonces, suponiendo que el diodo LED presenta una característica V-I aproximada como la indicada en la fig. 2.3:

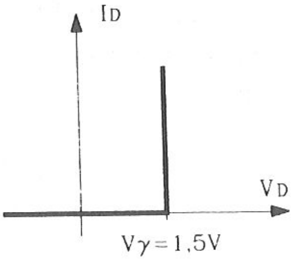


fig. 2.3

y el BJT las características aproximadas de la fig. 2.4:

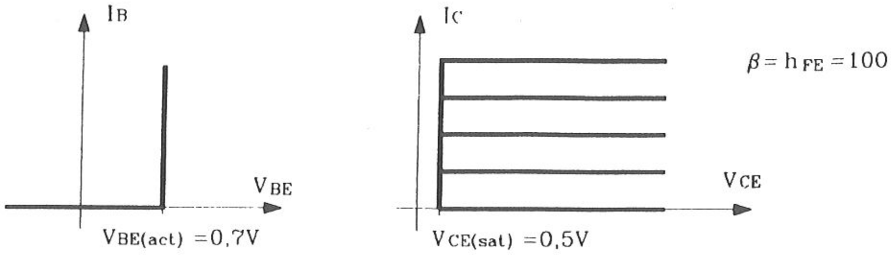


fig. 2.4

determinar (suponiendo el interruptor cerrado):

1.- El valor de la resistencia de colector (R_C) que permitirá al circuito de la fig 2.2 trabajar en las condiciones antes indicadas.

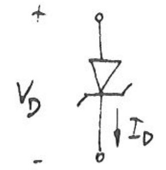
2.- El valor máximo de la resistencia de base (R_B) que asegurará la polarización del BJT en saturación. Comprobar que, con el valor de R_B máxima, la corriente a través del interruptor es inferior a 10mA.

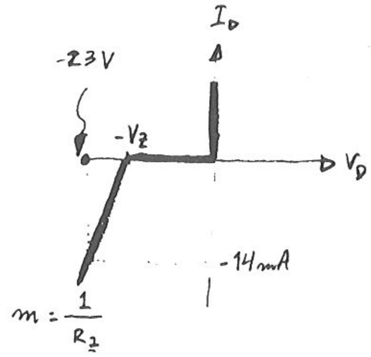
3.- El valor mínimo de la resistencia de base, impuesta por la máxima corriente soportable por el interruptor.

4.- Suponiendo que R_B=10kΩ, R_C=100Ω y que la tensión de alimentación pasa al valor de Vcc=40V, ¿en qué zona de trabajo estará el BJT?. Si la potencia máxima que puede disipar el LED es de 500mW, ¿existirá el peligro de que se destruya el diodo?.

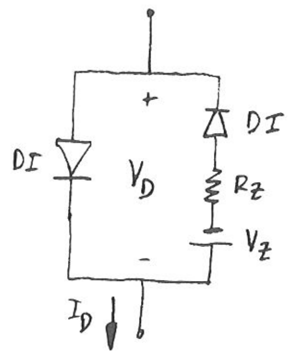
Prob. 1 Feb. 95

1)





curva característica



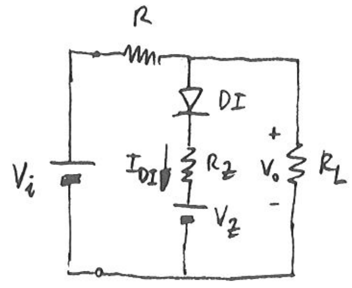
modelo circuital

$V_Z = \underline{\underline{20V}}$

$R_Z = \frac{23V - 20V}{14mA - 0} = \underline{\underline{214{,}3\,\Omega}}$

parámetros

2)



circuito equivalente

Suponer DI ON:

$V_{DI} = 0$

$I_{DI} > 0$

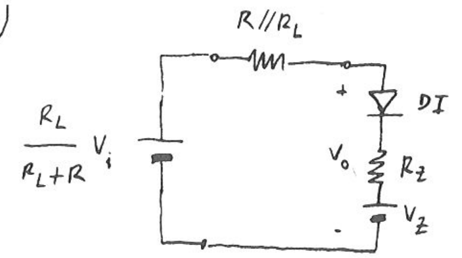
$I_{DI} = \frac{\frac{R_L}{R_L+R} V_i - V_Z}{R//R_L + R_Z} = 15\,mA > 0$ OK!

$I_D = -I_{DI} = \underline{\underline{-15\,mA}}$

$V_D = -(V_Z + R_Z \cdot I_{DI}) = -21.5V$

$\} \; P_{disip} = V_D \cdot I_D = \underline{\underline{322{,}5\,mW}}$

3)



circuito equivalente

a) DI ON

$\begin{cases} V_{DI} = 0 \\ I_{DI} > 0 \end{cases}$

$I_{DI} = \frac{\frac{R_L}{R_L+R} V_i - V_Z}{R//R_L + R_Z} > 0 \rightarrow V_i > \frac{R+R_L}{R_L} V_Z$

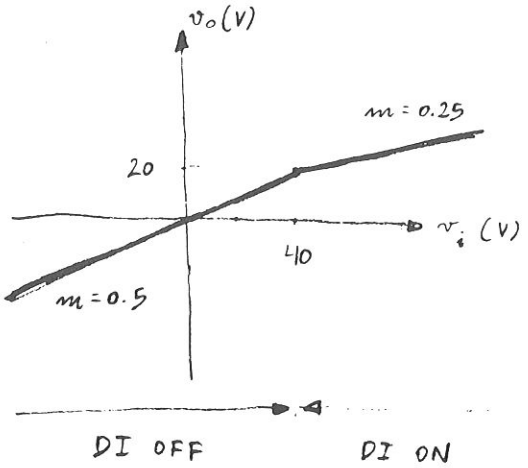
$V_o = R_Z I_{DI} + V_Z = R_Z \cdot \frac{\frac{R_L}{R_L+R}}{R//R_L + R_Z} V_i + \left(1 - \frac{1}{R//R_L + R_Z}\right)$

b) DI OFF

$\begin{cases} V_{DI} < 0 \\ I_{DI} = 0 \end{cases}$

$V_{DI} = \frac{R_L}{R_L+R} V_i - V_Z < 0 \rightarrow V_i < \frac{R+R_L}{R_L} V_Z$

$V_o = \frac{R_L}{R_L+R} \cdot V_i$

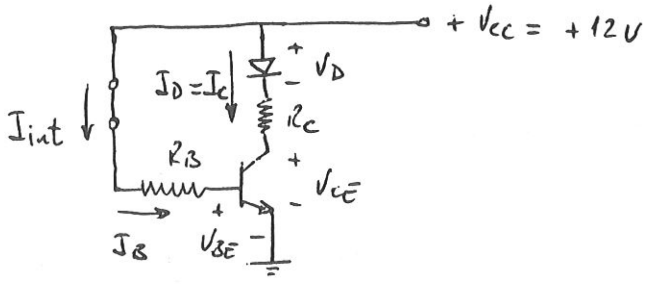


$v_i > 40V \Rightarrow v_o = 0.25\, v_i + 10$

$v_i < 40V \Rightarrow v_o = 0.5\, v_i$

función de transferencia

Problema 2 / Febrero 95



(1)

$I_C = 100\,mA$

BJT saturación $\Rightarrow$ $V_{CE} = V_{CE(sat)} = 0{,}5V$

$I_D = I_C = 100\,mA \Rightarrow D\text{-}ON \Rightarrow V_D = V_\gamma = 1{,}5V$

KVL circuito C-E: $V_{CC} = V_D + I_C \cdot R_C + V_{CE} \Rightarrow R_C = \dfrac{V_{CC} - V_D - V_{CE}}{I_C}$;

$$R_C = \frac{12V - 1{,}5V - 0{,}5V}{100\,mA} = \underline{100\,\Omega}$$

(2)

BJT saturación: (características) i) $\underline{B\text{-}E}$: $V_{BE} = V_{BE(act)} = 0{,}7V$

$I_B > 0$

ii) $\underline{C\text{-}E}$: $V_{CE} = V_{CE(sat)} = 0{,}5V$

$I_C < \beta \cdot I_B$

KVL malla B-E: $V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE} \Rightarrow I_B = \dfrac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \dfrac{12V - 0{,}7V}{R_B} = \dfrac{11{,}3V}{R_B}$

(Observación: $I_B > 0$ siempre, $\forall R_B$).

Aplicamos $I_C < \beta \cdot I_B \Rightarrow 100\,mA < 100 \cdot \dfrac{11{,}3V}{R_B} \Rightarrow R_B < \dfrac{100 \cdot 11{,}3V}{100\,mA} = 11{,}3\,k\Omega$

$$\underline{R_{B(máx)} = 11{,}3\,k\Omega}$$

Para $R_B = R_{B(máx)} \Rightarrow I_B = I_{int} = \dfrac{11{,}3V}{11{,}3\,k\Omega} = 1\,mA < 10\,mA = I_{int(máx)}$.

(3) $I_{int} < I_{int(máx)} = 10mA$.

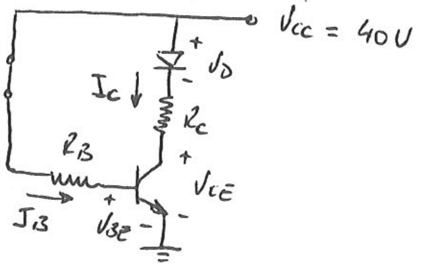
(Observar que para $I_B > 1mA \Rightarrow$ BJT en saturación).

$$I_{int} = I_B = \frac{11,3V}{R_B} < 10mA \Rightarrow R_B > \frac{11,3V}{10mA} = 1,13k\Omega \Rightarrow \underline{R_{B(mín)} = 1,13k\Omega}$$

Entonces:

$$1,13k\Omega = R_{B(mín)} < R_B < R_{B(máx)} = 11,3k\Omega$$

(4)



Supongamos BJT en saturación:

i) $V_{BE} = V_{BE(act)} = 0,7V$; $I_B > 0$

ii) $V_{CE} = V_{CE(sat)} = 0,5V$; $I_C < \beta \cdot I_B$

KVL malla B-E: $V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE} \Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{40V - 0,7V}{10k\Omega} = 3,93mA > 0$

(correcto)

KVL malla C-E: $V_{CC} = V_D + I_C \cdot R_C + V_{CE} \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_D - V_{CE}}{R_C} = \frac{40V - 1,5V - 0,5V}{100\Omega} = 380mA$

(Suponemos D-ON $\Rightarrow V_D = 1,5V$ y $I_D = I_C > 0$) ----

Se observa que efectivamente D-ON ($I_C = I_D = 380mA > 0$); comprobamos BJT saturación

¿ $I_C < \beta \cdot I_B$? $380mA < 100 \cdot 3,93mA = 393mA$, correcto.

Entonces <u>BJT en SATURACIÓN</u>.

$\underline{P_{LED}} = V_D \cdot I_D = 1,5V \times 380mA = \underline{570mW > P_{LED(máx)}} = 500mW$,

entonces existirá peligro de destrucción del diodo.

TEST HP E2

HOJA DE RESPUESTA TEST

JUNIO 1995 1er CUATRIMESTRE

APELLIDOS: ______________________ ______________________

NOMBRE: ______________________ **D.N.I:** ____________

OBSERVACIONES:

1.- Marcar con un círculo la respuesta considerada correcta.
2.- Para anular una respuesta superponer una X al círculo.
3.- Cualquier otra marca provocará que la respuesta sea considerada errónea.
4.- Cada respuesta errónea descontará 1/4 del valor de cada pregunta.
5.- TIEMPO: 50 minutos.
6.- PUNTUACION: 3,5 puntos.

PREGUNTA 1	A	B	[C]	D
PREGUNTA 2	[A]	B	C	D
PREGUNTA 3	A	B	[C]	D
PREGUNTA 4	A	B	[C]	D
PREGUNTA 5	A	B	[C]	D
PREGUNTA 6	A	B	C	[D]

Código de prueba 7309825

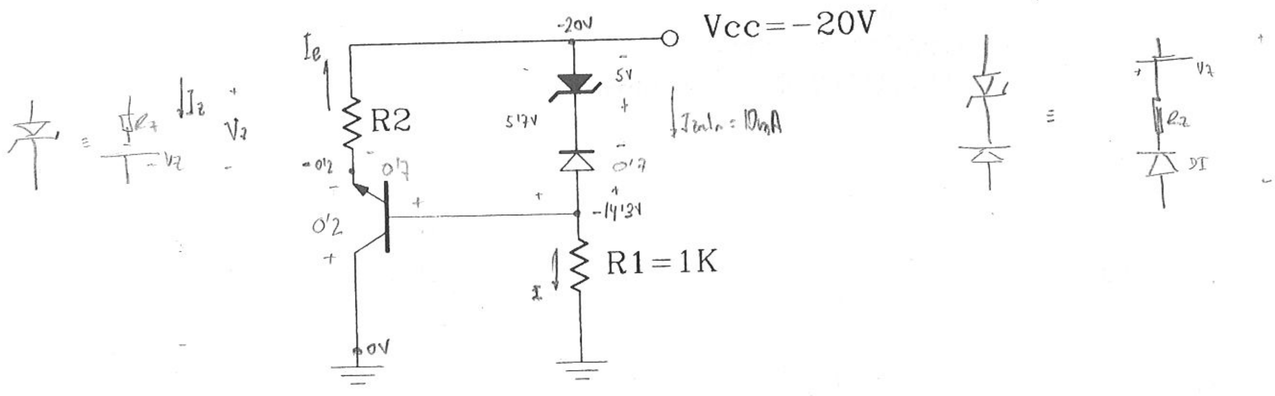
PREGUNTA 1

¿Cúal de las siguientes afirmaciones sobre una unión P-N polarizada en directa es **falsa**:

a) En las zonas neutras la caída de tensión puede ser despreciable y por tanto prácticamente toda la tensión aplicada a la unión cae en la zona de carga espacial.
b) En las zonas neutras, en puntos alejados de la zona de carga espacial la corriente que se establece es fundamentalmente de arrastre.
c) En las zonas neutras la corriente de arrastre y de difusión de mayoritarios son iguales.
d) El campo eléctrico dentro de las zonas neutras es despreciable frente al campo eléctrico máximo.

PREGUNTA 2

Sobre el circuito de la figura indicar cúal de las siguientes condiciones se ha de cumplir para que el diodo zener esté en ruptura:



Datos:
Zener: Vz = 5V ; Izmin = 10mA
Diodo: $V_D = 0{,}7V$
BJT: $V_{BE} = 0{,}7V$; $V_{CEsat} = 0{,}2V$; $\beta = 100$

a) R2 tiene que ser mayor que 11,5Ω

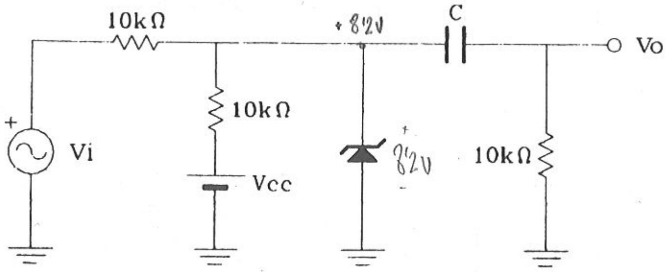
b) El diodo zener estará en ruptura independientemente del valor de R2.

c) El diodo zener estará en ruptúra siempre que el transitor esté en activa.

d) El diodo zener estará en ruptura si R2 es menor que 1,98kΩ.

PREGUNTA 3

En el siguiente circuito el diodo zener presenta un comportamiento ideal y tiene una tensión de ruptura de $V_Z = 8{,}2V$. Suponiendo que trabaja en régimen de pequeña señal, ¿cuál es la afirmación correcta?



$C\omega \rightarrow \infty$

a) Si Vcc = 15V, entonces la relación $\frac{v_o}{v_i} = 0$.

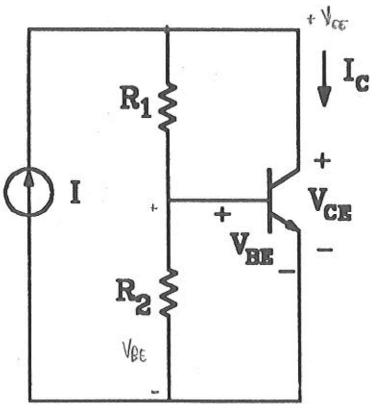
b) Si Vcc = 5V, entonces la relación $\frac{v_o}{v_i} = \frac{1}{2}$.

c) Si Vcc = 20V, entonces la relación $\frac{v_o}{v_i} = 0$.

d) Son correctas **a)** y **c)**.

PREGUNTA 4

Indicar la afirmación correcta sobre el circuito de la figura, donde: $I = 1A$, $V_{BE_{act}} = 0.7V$, $h_{FE} = 500$, $0.5k\Omega \leq R_1, R_2 \leq 2k\Omega$.



a) la tensión V_{CE} aumenta al disminuir la corriente de la fuente.

b) si $R_1 = R_2$, la corriente de colector toma el valor $I_c = I/2$.

c) la tensión colector-emisor toma el valor:

$$V_{CE} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot V_{BE}$$

d) la corriente de colector es independiente de la corriente de la fuente.

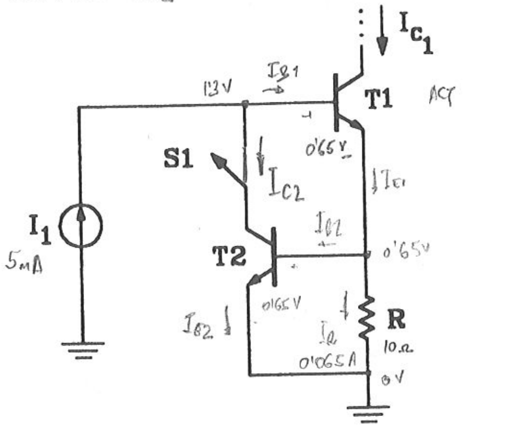
DIVISOR TENSIÓN:

$V_{BE} = \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot V_{CE}$

PREGUNTA 5

PREGUNTA 5

Para observar el funcionamiento del subcircuito de protección a sobrecorrientes en T1, formado por T2 y R, se propone el circuito de la figura, donde S1 es un interruptor ideal de dos posiciones. Suponiendo que T1 está polarizado siempre en activa, indicar la solución correcta:

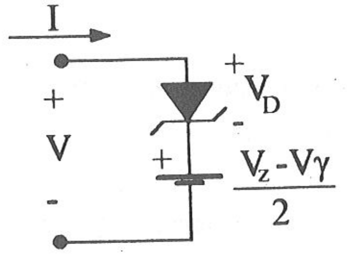


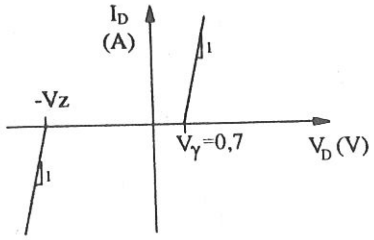
Solución	S1 OFF	S1 ON	
	I_{C_1}	I_{C_1}	I_{C_2}
a)	1.5 A	35 mA	4 mA
b)	1.5 A	35 mA	0.5 A
c)	1.5 A	65 mA	4.78 mA
d)	1.5 A	65 mA	4.35 mA

BJTs idénticos: $V_{BE_{act}} = 0.65V$, $h_{FE} = 300$, $I_1 = 5mA$, $R = 10\Omega$

PREGUNTA 6

Indicar la afirmación correcta respecto al siguiente circuito:





a) Cambiar los valores de la pila no cambia la característa V/I del circuito ni altera las limitaciones de potencia en el diodo.

b) Por ser $|V\gamma|<|Vz|$, el diodo disipará más potencia para una tensión V = +K que para una tensión V = −K.

c) Si la potencia máxima disipable por el diodo zener es de 1W, entonces la máxima V_D es de 1,1V.

d) El circuito presenta una característica V/I con simetría impar respecto el origen de coordenadas: I(V) = −I(−V)

ESCOLA UNIVERSITÀRIA POLITÈCNICA DE VILANOVA I LA GELTRÚ	
EXAMEN DE ELECTRÓNICA FUNCIONES	JUNIO 1995 1er CUATRIMESTRE

El examen se realizará sin apuntes. Se puede utilizar una hoja (máximo) con las fórmulas que se consideren de interés.

Entregar cada problema en hojas separadas.

Todas las hojas que se estén sobre la mesa deberán tener el nombre del alumno.

Situar en lugar visible documento acreditativo.

Publicación de notas provisionales: 4 de Julio

Revisión de examen: 10 Julio

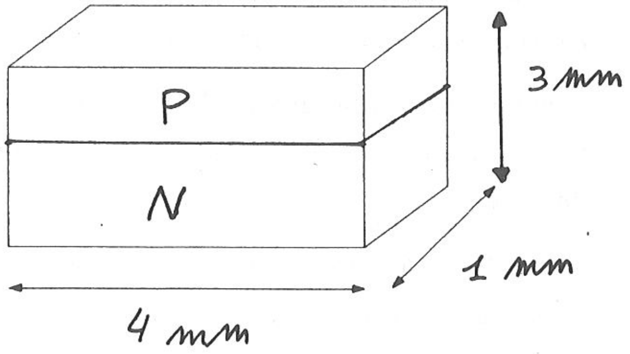
PROBLEMA 1 *(3 puntos)*

La zona N de la unión P-N de la figura está dopada con $N_D = 6.10^{14}$ cm^{-3}

1.- Calcular la concentración necesaria de dopantes en la zona P para que la unión posea una corriente de saturación Is = 9.10^{-13}A?.

2.- Si se desea que la unión generada en el apartado anterior sea capaz de soportar una tensión inversa de 15V ¿cúal debe ser la longitud mínima de la zona P?.

Nota: Si no se ha resuelto el apartado anterior tómese $N_A = 4.10^{14}$cm^{-3} indicando que se toma esta opción.



Datos:

$\varepsilon_o = 8{,}8.10^{-14}$ F/cm ; $\varepsilon_r = 11{,}8$;

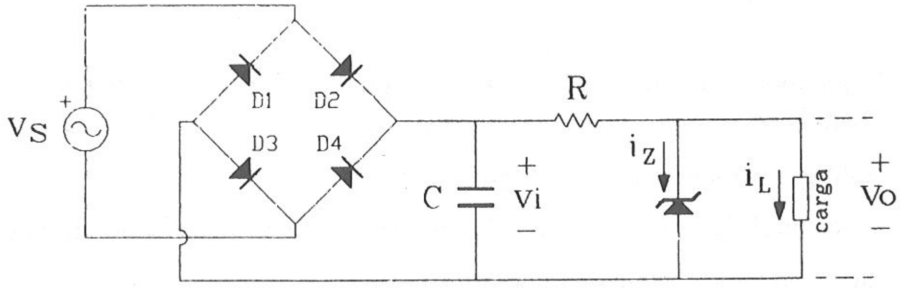
q = $1{,}6.10^{-19}$C ; $n_i = 1{,}6.10^{10}$cm^{-3} ; V_T = 25mV ;

μ_n = 1500cm²/V.s ; D_n = 39cm²/s ; μ_p = 600cm²/V.s ; D_p = 15cm²/s

$\tau_n = \tau_p = 2{,}5.10^{-3}$s

PROBLEMA 2 *(3,5 puntos)*

Se desea realizar una fuente de alimentación estabilizada según el circuito de la figura siguiente:



donde $v_S = 15 \cdot \sin\omega t$ (V) representa la salida del secundario del transformador, los diodos D1, D2, D3 y D4 se suponen ideales, y la corriente en la carga puede variar entre $0 \le i_L \le 50\text{mA}$.

El diodo zener presenta las siguientes características en zona de ruptura:

$R_Z = 0$

$V_Z = 6{,}2\text{V}$

$I_{Z(\text{mín})} = 10\text{mA}$ y $I_{Z(\text{máx})} = 200\text{mA}$

Se pide:

1.– Si suponemos que la capacidad de filtrado es muy elevada, de modo que el rizado de v_i sea despreciable, ¿cuál será el rango de valores de la resistencia R que permitirá un correcto funcionamiento del estabilizador?

2.– Si ahora suponemos que la capacidad de filtrado es tal que el rizado en v_i es de $\Delta v_i = 2V_{\text{pico a pico}}$, ¿cuál será el rango de valores de R que permitirá una correcta estabilización?

3.– Bajo el supuesto de que $\Delta v_i = 2V_{\text{pico a pico}}$, si fijásemos $R = 75\Omega$ y el diodo zener presentase una resistencia en la zona de ruptura de $R_Z = 5\Omega$ *(las restantes características del zener se mantienen constantes)*, ¿cuáles serían los valores máximo y mínimo que tomaría la tensión del diodo zener en el circuito?. Comprobar que el zener se mantiene en la zona de ruptura.

4.– Obtener el factor de rizado de la tensión de salida en %, según la expresión:

$$\frac{\Delta vo}{Vo_{(\text{nominal})}} \cdot 100 = \frac{\Delta vo}{6{,}2\text{V}} \cdot 100$$

PROBLEMA 1 :

1) Concentración de impurezas en la zona P

La expresión de la corriente inversa de saturación es:

$$I_S = qAn_i^2\left(\frac{D_P}{L_P}\frac{1}{N_D}+\frac{D_N}{L_N}\frac{1}{N_A}\right)$$

siendo:

A = 0,1cm x 0,4cm = 0,04 cm²

$$L_P = \sqrt{D_P\tau_P} = 0{,}194\text{cm}$$

$$L_N = \sqrt{D_N\tau_N} = 0{,}312\text{cm}$$

Resto, excepto N_A, son datos. Despejando:

$$\frac{1}{N_A} = \frac{L_N}{D_N}\left(\frac{I_S}{qAn_i^2}-\frac{D_P}{L_P}\frac{1}{N_D}\right) = 3{,}364\cdot 10^{-15}\text{cm}^3$$

$N_A = 2{,}973 \cdot 10^{14}\ \text{cm}^{-3} \cong 3 \cdot 10^{14}\ \text{cm}^{-3}$

2) Longitud mínima de la zona P

La longitud mínima de la zona P tiene que ser tal que a 15 V de polarización inversa todavía quede zona neutra, es decir la zona P debe tener una longitud mayor que la anchura de la zona de carga espacial P cuando la unión se encuentre polarizada a 15 V en inversa.

$$\left.\begin{aligned} W_P N_A &= W_N N_D \\ W_P + W_N &= W \end{aligned}\right\} \Rightarrow W_N = W - W_P \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W_P = \frac{N_D}{N_D+N_A}W = \frac{6}{9}W = 0{,}666W$$

La anchura de la z.c.e. con 15 V en inversa vale:

$$W = \sqrt{\frac{2\varepsilon}{q}\frac{N_A+N_D}{N_A N_D}(V_O - V)}$$

$$V_O \equiv \text{Potencial de contacto} = V_T \ln\frac{N_A N_D}{n_i^2} = 25\cdot 10^{-3}\ln\frac{6\cdot 10^{14}\cdot 3\cdot 10^{14}}{(1{,}6\cdot 10^{10})^2} = 0{,}509\text{V}$$

$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r = 8{,}8 \cdot 10^{-14} \cdot 11{,}8 = 1{,}038 \cdot 10^{-12}$ F/cm

$$W = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}038 \cdot 10^{-12}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \frac{9 \cdot 10^{14}}{3 \cdot 10^{14} \cdot 6 \cdot 10^{14}} \left(0{,}509 - (-15)\right)} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ cm} = 10\ \mu\text{m}$$

($9{,}158 \cdot 10^{-4}$ cm con la alternativa de $N_A = 4 \cdot 10^{14}$ cm^{-3})

Longitud mínima (Xp) por tanto:

$Xp \geq W_P = 0{,}666W = 6{,}682 \cdot 10^{-4}$ cm $= 6{,}682\ \mu$m

Resolución del problema nº 2 (1er Q, Junio 1995)

(1) Datos : $v_S = 15V \cdot \sin\omega t$

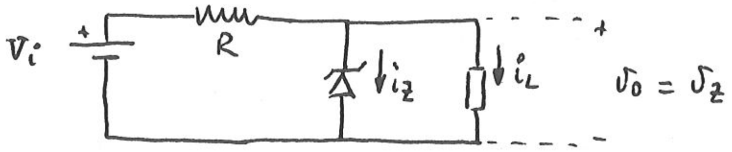
$0 \le i_L \le 50\,mA$

$R_Z = 0$; $V_Z = 6{,}2V$; $I_{Z(min)} = 10\,mA$, $I_{Z(máx)} = 200\,mA$

Suponiendo C elevado ⇒ rizado de V_i despreciable ⇒ $\Delta v_i \approx 0$ ⇒ $V_i = cte.$

Si los diodos del puente de Graetz son ideales ⇒ no habrá pérdida de tensión cuando estén en conducción.

En consecuencia se tendrá que : $V_i = 15V = cte.$, y el circuito equivalente será :



Situaciones más desfavorables : (observar que $V_i = cte$, y $V_Z = cte$ en ruptura pues $R_Z = 0$)

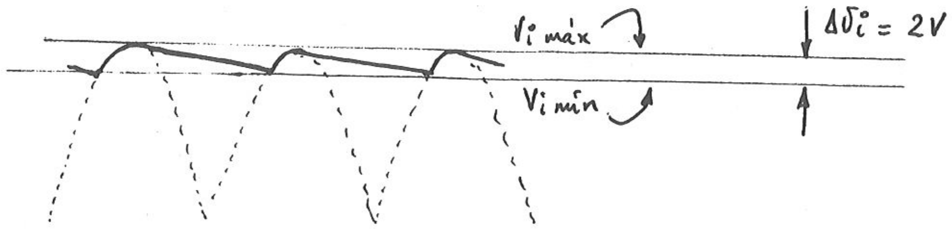
$$I_{Z(min)} = \frac{V_i - V_Z}{R_{máx}} - I_{L\,máx} \Rightarrow R_{máx} = \frac{V_i - V_Z}{I_{Z(min)} + I_{L\,máx}} = \frac{15V - 6{,}2V}{10mA + 50mA} = 146{,}7\,\Omega$$

$$I_{Z(máx)} = \frac{V_i - V_Z}{R_{min}} - I_{L\,min} \Rightarrow R_{min} = \frac{V_i - V_Z}{I_{Z(máx)} + I_{L\,min}} = \frac{15V - 6{,}2V}{200mA + 0} = 44\,\Omega$$

Entonces $44\,\Omega \le R \le 146{,}7\,\Omega$

---

(2) Suponiendo que el C es tal que el rizado en v_i es $\Delta v_i = 2\,V_{pico\,a\,pico}$ se tendrá que :



Sabemos que $V_{i\,máx} = V_{S\,pico} = 15V$ (recordar que los diodos son ideales),

entonces $V_{i\,min} = V_{i\,máx} - \Delta v_i = 15V - 2V = 13V.$

Los casos más desfavorables serán :

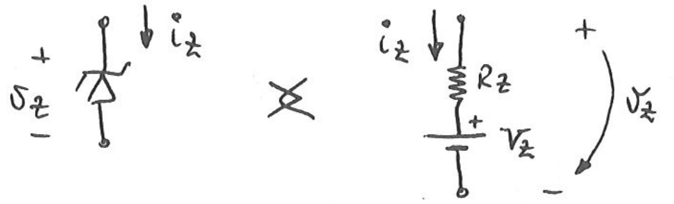
$$I_{Z(\min)} = \frac{V_{i(\min)} - V_Z}{R_{\max}} - I_{L\max} \Rightarrow R_{\max} = \frac{V_{i(\min)} - V_Z}{I_{Z(\min)} + I_{L\max}} = \frac{13V - 6{,}2V}{10mA + 50mA} = 113{,}3\,\Omega$$

$$I_{Z(\max)} = \frac{V_{i(\max)} - V_Z}{R_{\min}} - I_{L\min} \Rightarrow R_{\min} = \frac{V_{i(\max)} - V_Z}{I_{Z(\max)} + I_{L\min}} = \frac{15V - 6{,}2V}{200mA + 0} = 44\,\Omega$$

Entonces: $44\,\Omega \leq R \leq 113{,}3\,\Omega$

---

(3) Si ahora suponemos que $R_Z = 5\,\Omega$, el modelo del Zener en ruptura será:



$$\Rightarrow v_Z = V_Z + R_Z \cdot i_Z = 6{,}2V + 5\Omega \cdot i_Z$$

La ecuación del circuito será: $v_i = (i_L + i_Z)R + v_Z$

Combinamos las ecuaciones anteriores y despejamos la corriente en el zener (i_Z):

$$i_Z = \frac{v_i - V_Z - i_L \cdot R}{R + R_Z} = \frac{v_i - 6{,}2V - i_L \cdot 75\Omega}{75\Omega + 5\Omega}$$

; observemos que los casos extremos más desfavorables para el zener serán:

$i_{Z\,\max} \longleftrightarrow v_{i(\max)}, I_{L\min}$

$i_{Z\,\min} \longleftrightarrow v_{i(\min)}, I_{L\max}$, entonces:

$$i_{Z\,\max} = \frac{v_{i(\max)} - 6{,}2V - I_{L\min} \cdot 75\Omega}{75\Omega + 5\Omega} = \frac{15V - 6{,}2V - 0}{80\Omega} = 110mA < I_{Z(\max)} = 200mA$$

El zener no se destruye.

$$i_{Z\,\min} = \frac{v_{i(\min)} - 6{,}2V - I_{L\max} \cdot 75\Omega}{75\Omega + 5\Omega} = \frac{13V - 6{,}2V - 50mA \cdot 75\Omega}{80\Omega} = 38{,}13mA > I_{Z(\min)} = 10mA$$

El zener no sale de ruptura.

Entonces: $v_{Z\,\min} = V_Z + R_Z \cdot i_{Z\,\min} = 6{,}2V + 5\Omega \cdot 38{,}13mA = 6{,}39V = v_{o(\min)}$

$v_{Z\,\max} = V_Z + R_Z \cdot i_{Z\,\max} = 6{,}2V + 5\Omega \cdot 110mA = 6{,}75V = v_{o(\max)}$

---

(4) $$\text{Factor rizado} = \frac{\Delta v_o}{v_{o(nominal)}} \cdot 100 = \frac{v_{o(\max)} - v_{o(\min)}}{v_{o(nominal)}} \cdot 100 = \frac{6{,}75V - 6{,}39V}{6{,}2V} \cdot 100 = 5{,}8\,\%$$

TEST HP

HOJA DE RESPUESTA TEST

JUNIO 1995 2º CUATRIMESTRE

APELLIDOS: ______________________ ______________________

NOMBRE: ______________________ **D.N.I:** ____________

OBSERVACIONES:

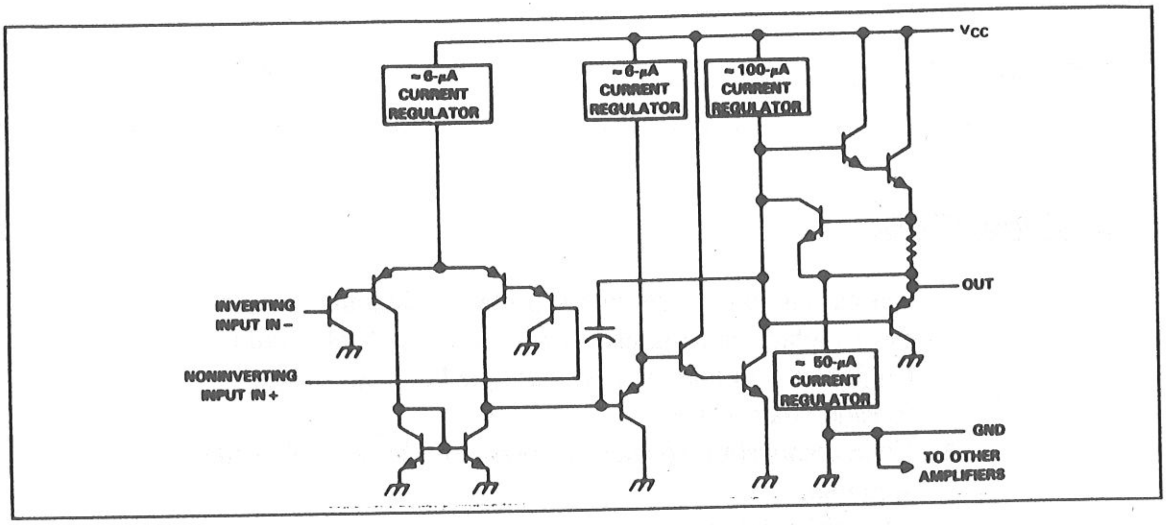
1.- Marcar con un círculo la respuesta considerada correcta.
2.- Para anular una respuesta superponer una X al círculo.
3.- Cualquier otra marca provocará que la respuesta sea considerada errónea.
4.- Cada respuesta errónea descontará 1/4 del valor de cada pregunta.
5.- TIEMPO: 50 minutos.
6.- PUNTUACION: 3,5 puntos.

PREGUNTA 1	[A]	B	C	D
PREGUNTA 2	A	[B]	C	D
PREGUNTA 3	A	B	[C]	D
PREGUNTA 4	A	[B]	C	D
PREGUNTA 5	[A]	B	C	D
PREGUNTA 6	A	B	[C]	D

Código de prueba 9587348

PREGUNTA 1

El siguiente circuito corresponde al Amplificador Operacional LM2902 de Texas Instruments para el que el fabricante especifica una corriente de polarización típica (Input Bias Current) de 45nA. Suponiendo que todos los transistores tienen la misma β indicar su valor :



a) 8,16

b) 11,55

c) 66,67

d) 33,33

PREGUNTA 2

En una etapa E.C. construida con un BJT que trabaja en pequeña señal, ¿qué factor no interviene en la variación del punto de reposo?

a) El envejecimiento de los componentes.

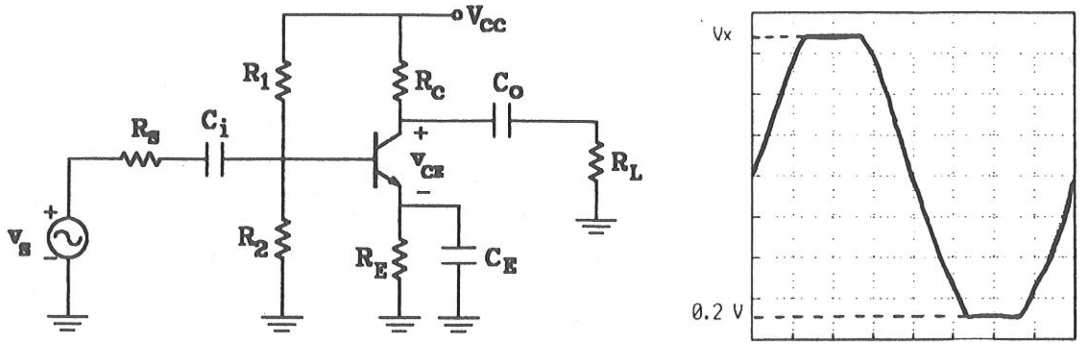
b) La amplitud máxima de la señal de entrada.

c) La dispersión de los parámetros del BJT.

d) Las tolerancias de las resistencias.

PREGUNTA 3

El esquema de la figura corresponde a una etapa amplificadora básica en EC con condensador en emisor, y a la tensión v_{CE} observada en un osciloscopio. Indicar la afirmación correcta:



a) $V_X = V_{CC}$

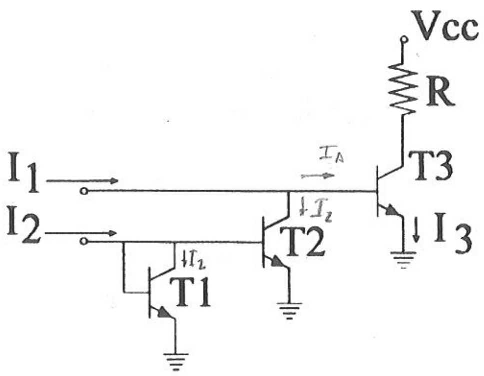
b) $V_X = (R_C \| R_L) \cdot I_{C_Q}$

c) (circled) $V_X = V_{CE_Q} + (R_C \| R_L) \cdot I_{C_Q}$

d) $V_X = V_{CE_Q}$

PREGUNTA 4

Calcular el valor de I3 en el circuito de la figura:
(Suponer que todos los BJT son idénticos, se hallan en zona activa y las corrientes de base son despreciables).



a) $I_3 = \beta(I_1 - \beta I_2)$

b) (circled) $I_3 = \beta(I_1 - I_2)$

c) $I_3 = (\beta+1)(I_1 + \beta I_2)$

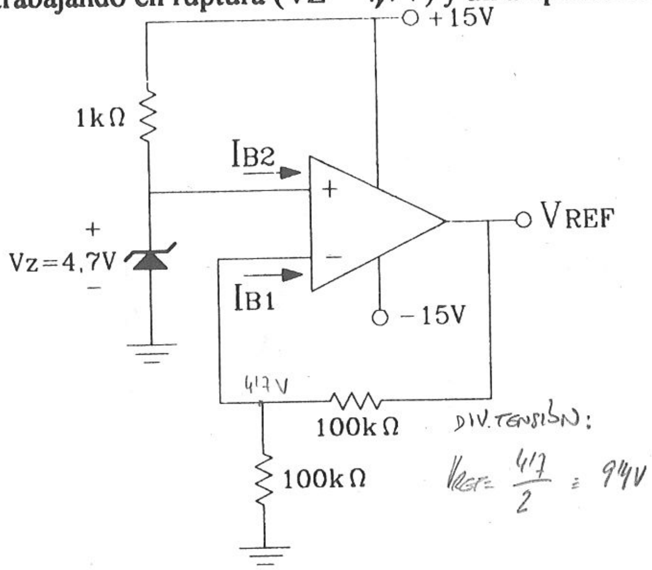
d) $I_3 = \beta(I_1 + I_2)$

$I_3 = \beta \cdot I_A$ ← (Ib despreciables)

$I_A = I_1 - I_2$

PREGUNTA 5

Se desea obtener una tensión de referencia (V_{REF}) a partir de un diodo zener trabajando en ruptura ($V_Z = 4{,}7V$) y un amplificador operacional.



$I_B = 500nA$

$I_{io} = |I_{B1} - I_{B2}| = 200nA$

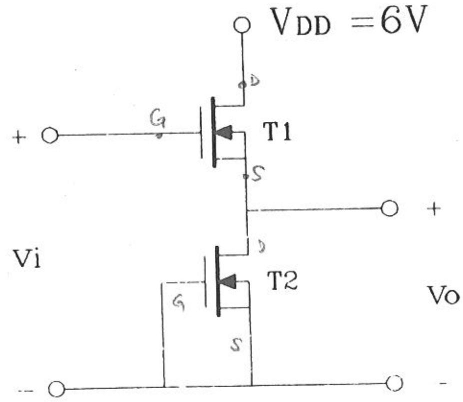
Si consideramos que el amplificador operacional presenta como única no idealidad que las corrientes de polarización de entrada no son nulas ($I_{B1} \neq 0$, $I_{B2} \neq 0$, $I_{B1} > I_{B2}$), ¿cuál será la tensión de referencia obtenida?

a) $V_{REF} = 9{,}46V$
b) $V_{REF} = 9{,}34V$
c) $V_{REF} = 4{,}76V$
d) $V_{REF} = -9{,}46V$

PREGUNTA 6

El circuito de la figura está basado en dos transistores con características idénticas. Indicar el margen de valores de vi para que estos transistores estén polarizados en la región de saturación. CANAL N → SAT: $V_{DS} \geq V_{GS} - V_P$, $V_{GS} \geq V_P$

$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$ (I_{DSS} = 2mA, V_P = −2V)



$I_{DSS} = 2mA$
$V_P = -2V$

a) $0 \leq v_i \leq 6V$
b) $-2V \leq v_i \leq 8V$
c) $2V \leq v_i \leq 4V$
d) $v_i \geq 2V$

$V_{DD} = V_{DS1} + V_O$

$V_i = V_{GS1} + V_O$

$V_O = V_{DS2}$

$V_O = V_{DD} - V_{DS1} = V_i - V_{GS1}$ (V_{DD} = 6V)

$V_{DS1} = -V_i + V_{GS1} + 6V$

$V_{DS1} \geq V_{GS1} - V_P$ ($-V_P = -(-2V)$)

$-V_i + V_{GS1} + 6 \geq V_{GS1} + 2$

$V_i \leq 4V$

ESCOLA UNIVERSITÀRIA POLITÈCNICA DE VILANOVA I LA GELTRÚ	
EXAMEN DE ELECTRÓNICA FUNCIONES	JUNIO 1995 2° CUATRIMESTRE

El examen se realizará sin apuntes. Se puede utilizar una hoja (máximo) con las fórmulas que se consideren de interés.

Entregar cada problema en hojas separadas.

Todas las hojas que se estén sobre la mesa deberán tener el nombre del alumno.

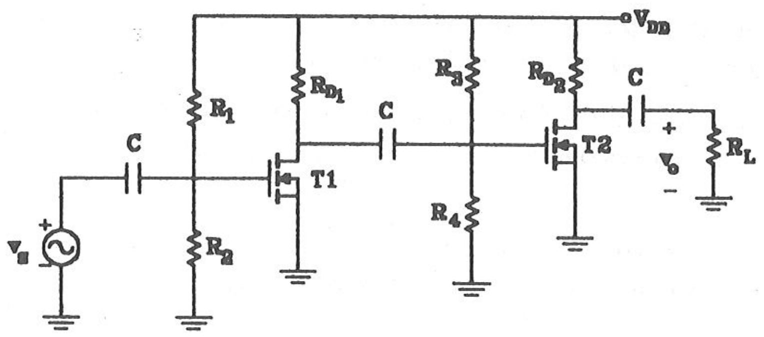
Situar en lugar visible documento acreditativo.

Publicación de notas provisionales: 4 de Julio

Revisión de examen: 10 Julio

PROBLEMA 1 *(3,5 puntos)*

Se trata de obtener la máxima excursión simétrica de salida del amplificador multietapa basado en tecnología MOST y con acoplo en AC mostrado en la figura.



Datos:

$R_1 = R_2 = 80k\Omega$

$R_3 = R_4 = 20k\Omega$

$R_{D_1} = R_{D_2} = 2k\Omega$

$R_L = 10k\Omega,\ V_{DD} = 10V,$

$C \cdot \omega = \infty$

T1, T2 idénticos con:

$V_P = 2V,\ I_{DSS} = 1mA$

Para ello, suponiendo que el límite entre las zonas óhmica y de saturación de los transistores viene dado por los parámetros $V_{DSohmT1} = V_{DSohmT2} = 3.66\ V$, se pide:

1.- Determinar los puntos de trabajo de los transistores (V_{GS_Q}, I_{D_Q}, V_{DS_Q}).

2.- Calcular las ganancias de tensión de las dos etapas amplificadoras (A_{v_1}, A_{v_2}).

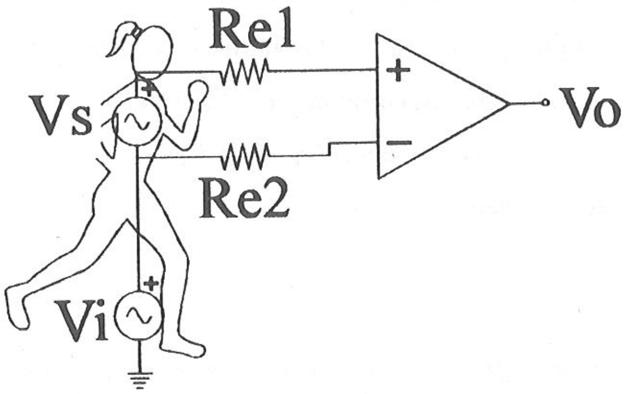
3.- Obtener la máxima excursión simétrica de salida de las etapas amplificadoras ($MES(V_{DS_1})$, $MES(V_{DS_2})$).

4.- Hallar la máxima excursión simétrica del amplificador multietapa ($MES(v_o)$).

PROBLEMA 2 *(3 puntos)*

En la figura se presenta una simplificación de un sistema de medida de electrocardiografía, donde Vs modela la señal cardíaca, Vi las interferencias externas producidas por la red de alimentación, y Re_1 y Re_2 modelan la impedancia del conjunto piel-electrodos. La función del amplificador diferencial es discriminar la interferencia (en modo común) frente a la señal.

Datos del amplificador diferencial: Zid = 0,5MΩ, Zic = 1MΩ, CMRR = 10.000, Ad = 10.000, $vd = v^{+} - v^{-}$



Se pide:

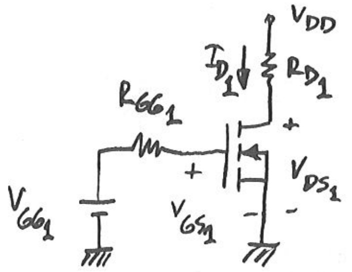
1.- Hallar la Vi máxima que se podrá soportar si queremos que la componente debida a interferencia en la salida sea menor a 0,1V. Tomar Re_1=Re_2=0.

2.- Considerando Re_1=1kΩ y Re_2=2kΩ, hallar la corriente en la fuente Vi. Obtener la salida que crea ahora la Vi máxima encontrada en el apartado anterior. Comentar el resultado obtenido.

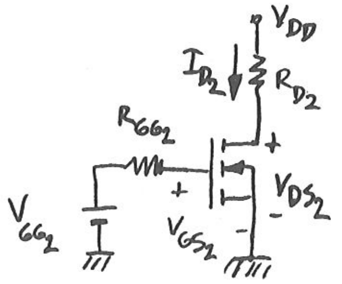
(Orientación: ahora Vi crea tensión en modo diferencial en la entrada del amplificador, además de la componente en modo común, ya antes vista)

Prob. 1 2º Cuatrim.

1) V_{GS_1}, I_{D_1}, V_{DS_1}, V_{GS_2}, I_{D_2}, V_{DS_2} ?



$$\left.\begin{array}{l} V_{GG_1} = V_{GG_2} \\ R_{D_1} = R_{D_2} \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} V_{GS_1} = V_{GS_2} \\ I_{D_1} = I_{D_2} \end{array} , \quad V_{DS_1} = V_{DS_2}$$



suponer T1 y T2 polarizados en SATURACIÓN:

$$V_{GS_1} = V_{GS_2} = \underline{\underline{5V}}$$

$$I_{D_1} = I_{D_2} = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 = \underline{\underline{2{,}25\ mA}}$$

$$V_{DS_1} = V_{DS_2} = V_{DD} - R_D I_D = \underline{\underline{5{,}5V}}$$

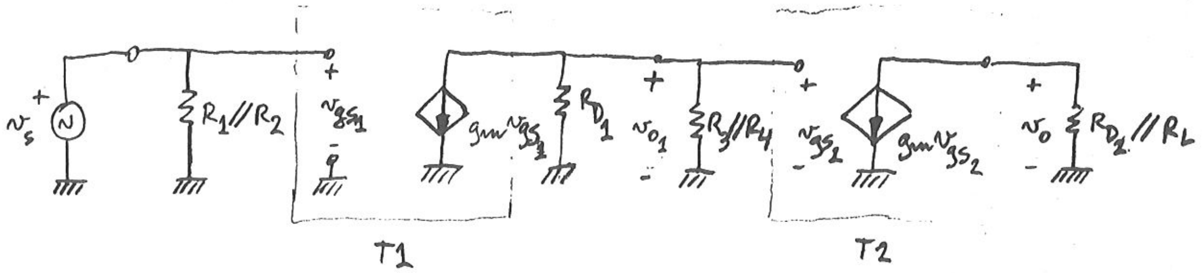
Comprobación T1 y T2 en SATURACIÓN:

$V_{GS} > V_P$ $\quad$ $5V > 2V$ $\quad$ OK!

$V_{DS} > V_{GS} - V_P$ $\quad$ $5{,}5V > 3V$ $\quad$ OK!

2) A_{v_1}, A_{v_2} ?

$$g_{m_1} = g_{m_2} = \left.\frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}}\right|_Q = -\frac{2 I_{DSS}}{V_P}\left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_P}\right) = \underline{\underline{1{,}5\ mA/V}}$$

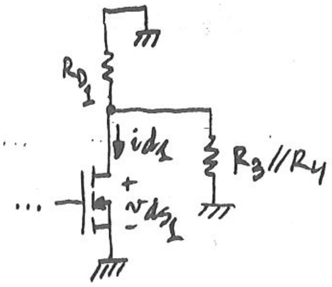


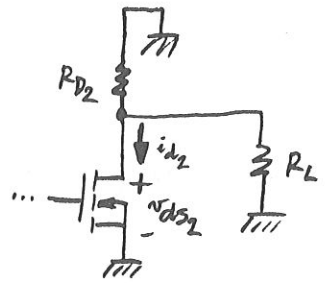
$$A_{v_1} = \frac{v_{o_1}}{v_s} = -\frac{g_m (R_{D_1} // R_3 // R_4)\, \cancel{v_{gs_1}}}{\cancel{v_{gs_1}}} = -g_m (R_{D_1} // R_3 // R_4) = \underline{\underline{-2,5}}$$

$$A_{v_2} = \frac{v_o}{v_{o_1}} = -\frac{g_m (R_{D_2} // R_L) \cdot \cancel{v_{gs_2}}}{\cancel{v_{gs_2}}} = -g_m (R_{D_2} // R_L) = \underline{\underline{-2,5}}$$

---

3) $MES(V_{DS_1})$, $MES(V_{DS_2})$?





$$v_{ds_1} = -i_{d_1} (R_{D_1} // R_3 // R_4)$$

$$v_{ds_2} = -i_{d_2} (R_{D_2} // R_L)$$

$$v_{ds_1} = v_{DS_1} - V_{DS_1}$$

$$i_{d_1} = i_{D_1} - I_{D_1}$$

$$v_{ds_2} = v_{DS_2} - V_{DS_2}$$

$$i_{d_2} = i_{D_2} - I_{D_2}$$

$$v_{DS_1} = V_{DS_1} + (R_{D_1} // R_3 // R_4) I_{D_1} - (R_{D_1} // R_3 // R_4)\, i_{D_1}$$

$$v_{DS_2} = V_{DS_2} + (R_{D_2} // R_L) I_{D_2} - (R_{D_2} // R_L) \cdot i_{D_2}$$

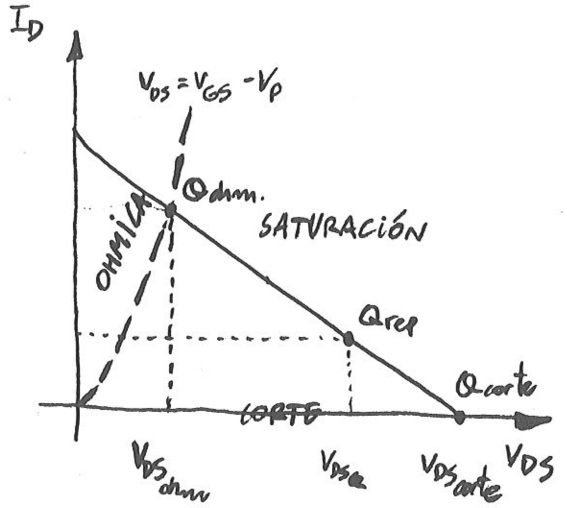
RCAS$_1$: $v_{DS_1} = 9{,}25V - 1{,}67k\Omega \cdot i_{D_1}$

RCAS$_2$: $v_{DS_2} = 9{,}25V - 1{,}67k\Omega \cdot i_{D_2}$

$\Big\}$ RCAS$_1$ = RCAS$_2$

Curvas características T1 = T2

$\Big\} \Rightarrow MES(V_{DS_1}) = MES(V_{D}$



$\Delta V_{DS_{ohm}} = V_{DS_Q} - V_{DS_{ohm}} =$

$= 5{,}5V - 3{,}66\ V = 1{,}84V$

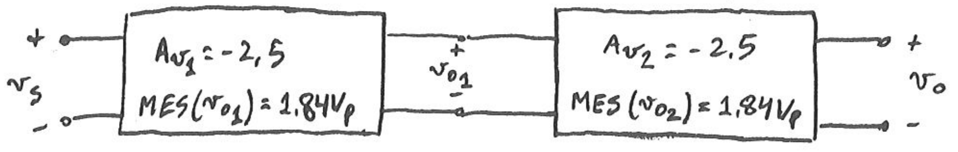
$\Delta V_{DS_{corte}} = V_{DS_{corte}} - V_{DS_Q} =$

$= 9{,}25V - 5{,}55\ V = 3{,}75V$

$$MES(V_{DS_1}) = MES(V_{DS_2}) = \min\{\Delta V_{DS_{ohm}},\ \Delta V_{DS_{corte}}\} = \underline{\underline{1{,}84V}}$$

---

4) $MES(v_o)$?



Máxima salida de EA1 : $v_{o_1} = MES(v_{o_1}) = 1{,}84V$

Máxima entrada en EA2 : $v_{o_1} = \dfrac{MES(v_{o_2})}{|A_{v_2}|} = 0{,}736\ V$

$\Big\} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ La EA2 limita la MES del amplificador multietapa: $MES(v_o) = MES(v_{o_2}) = \underline{\underline{1{,}84\ Vp}}$

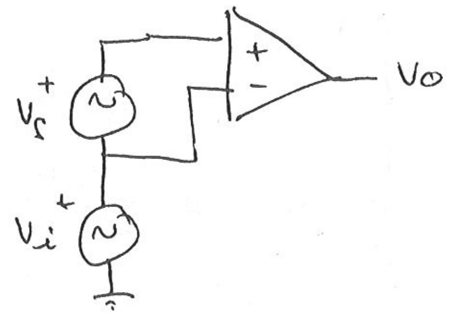
PROBLEMA 2:

1) Sabemos que en un amplificador diferencial: $V_0 = A_c V_c + A_d V_d$

y que se puede expresar: $V_c = \frac{V^+ + V^-}{2}$

$V_d = V^+ - V^-$

En el caso de $R_{e1} = R_{e2} = 0$ el circuito se simplifica a:



Por lo tanto: $\left.\begin{array}{l} V^+ = V_i + V_s \\ V^- = V_i \end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} V_d = V_s \\ V_c = V_i + \frac{V_s}{2} \end{array}\right.$

La salida será:

$$V_0 = A_c\left(V_i + \frac{V_s}{2}\right) + A_d V_s = V_s\left(A_d + \frac{A_c}{2}\right) + V_i A_c$$

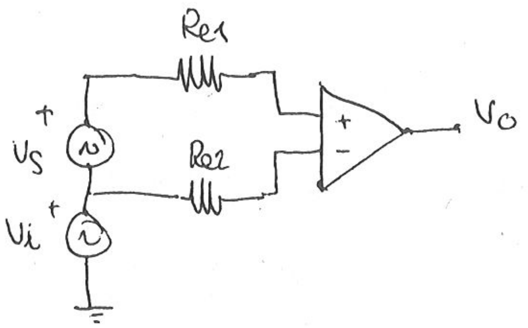
Por lo tanto, la componente en la salida debida a interferencia es: $V_i A_c$

por haberse pedido ser menor a 0,1 V, y sabiendo $A_c = \frac{CMRR}{A_d} = \frac{10.000}{10.000}$

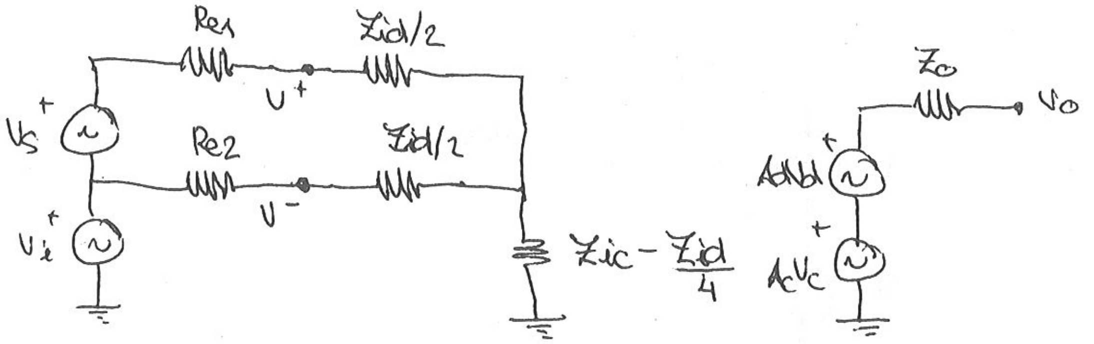
$A_c = 1 \qquad V_i A_c < 0,1 \Rightarrow$ $\boxed{V_i < 0,1\ V}$

La máxima interferencia soportable será 0,1 V

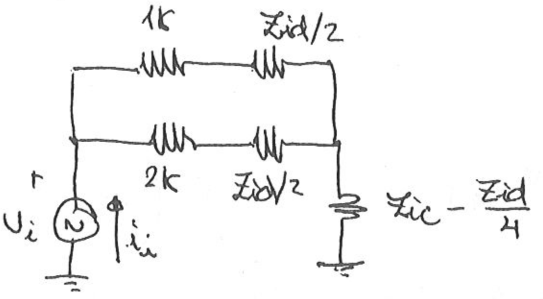
2) El circuito que ahora debemos considerar es:



Substituyendo por el modelo del amplificador diferencial:

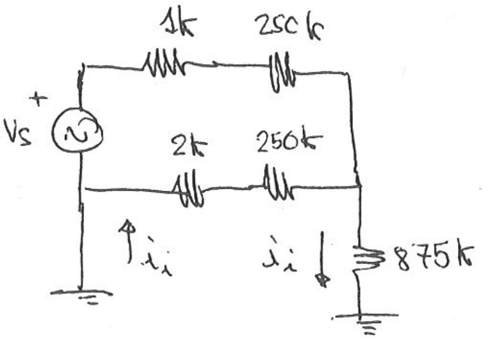


La corriente en la fuente Vi se puede calcular aplicando superposición, ya que está creada tanto por Vs como por Vi misma:

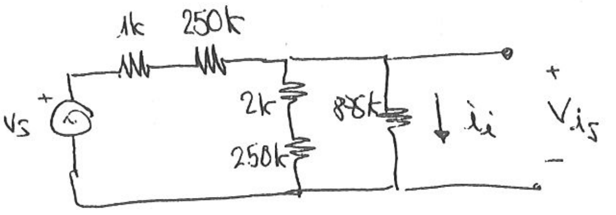


$$i_i\Big|_{V_S=0} = \frac{V_i}{(1k+250k)//(2k+250k)+875k}$$

$$i_i\Big|_{V_S=0} = \frac{V_i}{1000749\,\Omega} \simeq \frac{V_i}{1M\Omega}$$



≈

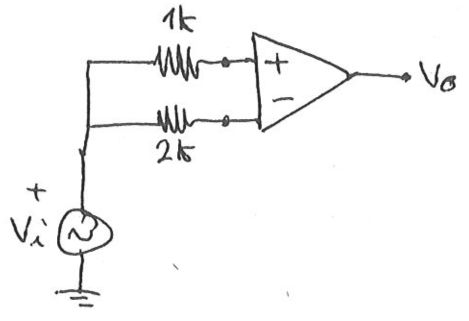


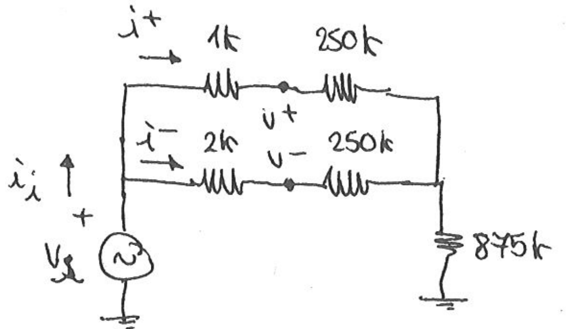
$$i_i\Big|_{V_i=0} = \frac{V_{iS}}{875k} = \frac{V_S \cdot 252k//875k}{251k + 252k//875k} \cdot \frac{1}{875k}$$

$$i_i\Big|_{V_i=0} = \frac{V_S}{1997527} \simeq \frac{V_S}{2M\Omega}$$

La corriente en Vi es $\frac{V_i}{1M\Omega} + \frac{V_s}{2M\Omega}$

Para obtener la salida que ahora crea la Vi máxima encontrada en el anterior apartado, debemos volver a aplicar superposición, o lo que es lo mismo, tomar $V_s = 0$.





Hallaremos V^+ y V^- y de ellos Vo.

Sabemos: $\begin{cases} V^+ = V_i - i^+ \cdot 1k \\ V^- = V_i - i^- \cdot 2k \end{cases}$

Es válido aproximar: $i^+ = i^- = \frac{i_i}{2} = \frac{V_i / 1M\Omega}{2} = \frac{0{,}1\mu A}{2} = 0{,}05\mu A$

O bien utilizar la expresión exacta: $\begin{cases} i^+ = i_i \frac{252k}{251k + 252k} = 0{,}0501\mu A \\ i^- = i_i \frac{251k}{251k + 252k} = 0{,}0499\mu A \end{cases}$

Por lo tanto: $\begin{cases} V^+ = 0{,}1V - 50{,}1nA \cdot 1k\Omega \simeq 0{,}1V - 50nA \cdot 1k\Omega = 0{,}1V - 50\mu V \\ V^- = 0{,}1V - 49{,}9nA \cdot 2k\Omega \simeq 0{,}1V - 50nA \cdot 2k\Omega = 0{,}1V - 100\mu V \end{cases}$

De donde $\begin{cases} V_d = V^+ - V^- = 0{,}1V - 50\mu V - (0{,}1V - 100\mu V) = 50\mu V \\ V_c = \frac{V^+ + V^-}{2} \simeq 0{,}1V \end{cases}$

Y obtenemos la salida: $V_o = 10.000 \cdot 50\mu V + 0{,}1V = 0{,}5V + 0{,}1V = 0{,}6V$

Por lo tanto, podemos ver que tensiones que crean en modo común también pueden crear tensiones en modo diferencial debido a desapareamientos de los componentes utilizados, ...

TEST 4D C4

HOJA DE RESPUESTA TEST

SEPTIEMBRE 1995 1er CUATRIMESTRE

ELEF

APELLIDOS:____________________ ____________________

NOMBRE:____________________ **D.N.I:** ____________

OBSERVACIONES:

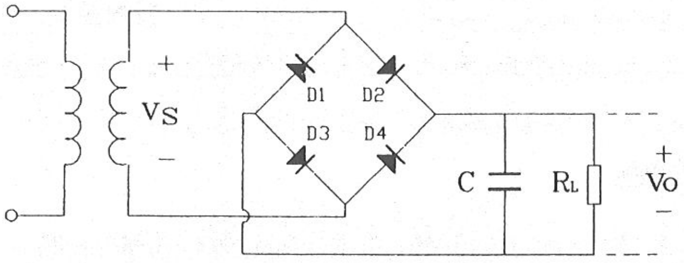
1.- Marcar con un círculo la respuesta considerada correcta.
2.- Para anular una respuesta superponer una X al círculo.
3.- Cualquier otra marca provocará que la respuesta sea considerada errónea.
4.- Cada respuesta errónea descontará 1/4 del valor de cada pregunta.
5.- PUNTUACION: 3,5 puntos.

PREGUNTA 1	A	B	(C)	D
PREGUNTA 2	A	(B)	C	D
PREGUNTA 3	A	(B)	C	D
PREGUNTA 4	A	B	(C)	D
PREGUNTA 5	A	(B)	C	D
PREGUNTA 6	A	B	C	(D)

Código de prueba 6957242

PREGUNTA 1

En el circuito de la figura se supone que los diodos del puente de Graetz presentan un comportamiento ideal.



Si la tensión de salida del secundario del transformador es de $v_s = 12 \cdot \sin(\omega t)$ Volts, y el rizado de la tensión de salida es $\Delta v_o = 2\,V_{pico\,a\,pico}$, ¿cuáles son los valores máximo y mínimo de la tensión de salida?

a) $V_{o(máx)} = 14\,V$, $V_{o(mín)} = 12\,V$

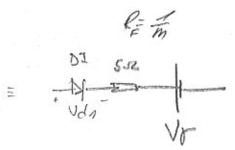
b) $V_{o(máx)} = 8{,}49\,V$, $V_{o(mín)} = 6{,}49\,V$

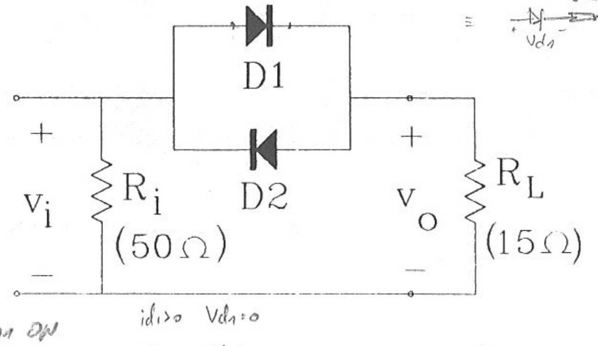
x **c)** $V_{o(máx)} = 12\,V$, $V_{o(mín)} = 10\,V$

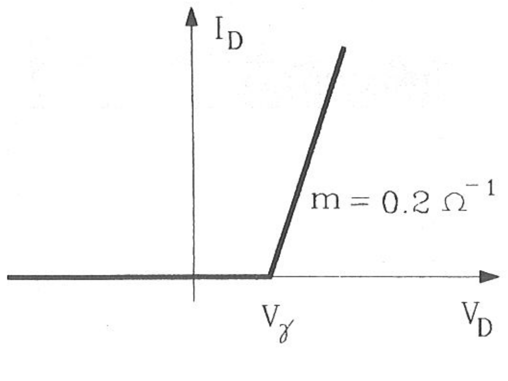
d) $V_{o(máx)} = 7{,}64\,V$, $V_{o(mín)} = 5{,}64\,V$

PREGUNTA 2

Las siguientes figuras muestran un circuito basado en dos diodos idénticos, la curva característica tensión-corriente de los diodos y la función de transferencia del circuito.



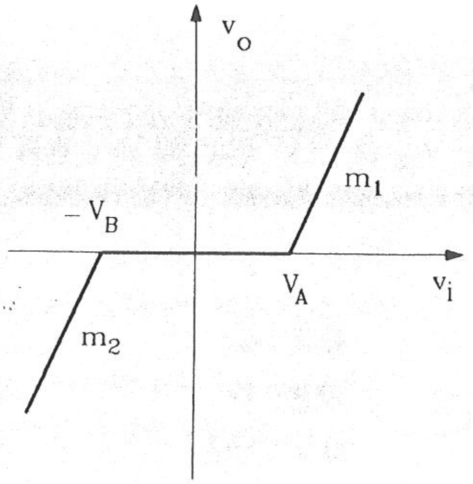




V_{D1} ON $i_{d1} > 0$ $V_{d1} = 0$
V_{D2} OFF $i_{d1} = 0$ $V_{d1} > 0$

$V_i = i(5 + 15) + V_\gamma + V_o$

$V_i = V_{d2} + V_\gamma + V_o$



Indicar la única expresión correcta:

a) $m_2 = -0.5$

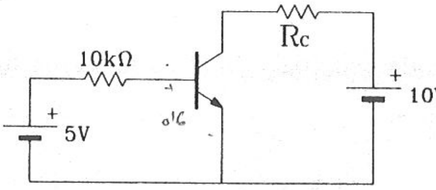
b) $m_1 = 0.75$

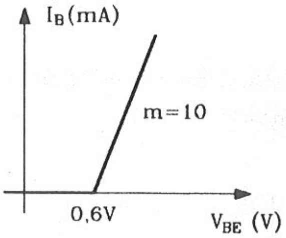
c) $V_A = 2V\gamma$

d) $V_B = \infty$

PREGUNTA 3

En el siguiente circuito con BJT, cuya característica de la unión base-emisor se supone que responde a la aproximación indicada en la gráfica, ¿en qué zona o zonas de trabajo podría encontrarse polarizado el transistor?





$h_{FE} = 100$

$V_{CE(sat)} = 0{,}5V$

a) Sólo en zona activa.

b) En zona activa o en zona de saturación.

c) Sólo en zona de saturación.

d) En zona activa o en zona de corte.

PREGUNTA 4

Un diodo tiene una ley de tensión-corriente dada por: $I_D = 10^{-12}\left(e^{\frac{V_D}{0{,}025}} - 1\right)$ A.

¿Cuál debe ser la tensión V_D aplicada para que la resistencia dinámica sea de 10Ω?

$r_d = \frac{\eta \cdot V_T}{I_{DQ}}$ $\quad I_{DQ} = I_S\left(e^{\frac{V_{DQ}}{\eta \cdot V_T}} - 1\right)$

a) 0,66V

b) 0,7V

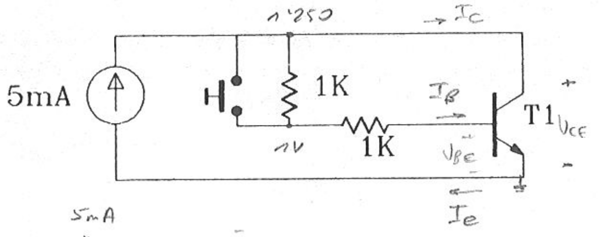
c) 0,54V ⇝ $r_d = 10{,}4 \approx 10\Omega$

d) 0,60V

PREGUNTA 5

Calcular el valor de la β del transistor si con el pulsador abierto la tensión V_{CE} vale 1,250V y con el pulsador cerrado la tensión V_{CE} vale 1V. Téngase en cuenta que se desconoce el valor de V_{BE} ,si bien permanece constante durante ambas medidas. Indicar la respuesta correcta.

5mA = Ic + IB



a) β = 20

× b) β = 19

c) β = 17,2

d) β = 15,67

$I_E = (\beta+1) I_B$

$\beta = \frac{I_E}{I_B} - 1$

$V_{CE} = I_B \cdot 1K + V_{BE}$

$V_{CE} = I_B (1K + 1K) + V_{BE}$

$V_{BE} = 1V - I_B \cdot 1K$

$V_{CE_1} = 1'250 - I_B 2K$

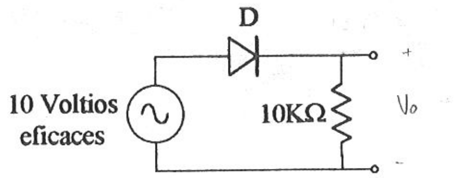
$V_{BE1} = V_{BE2}$ → $1V - I_B \cdot 1K = 1'250 - I_B 2K$

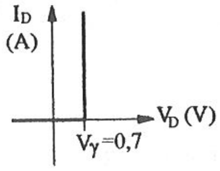
$1V + I_B 1K = 1'250$

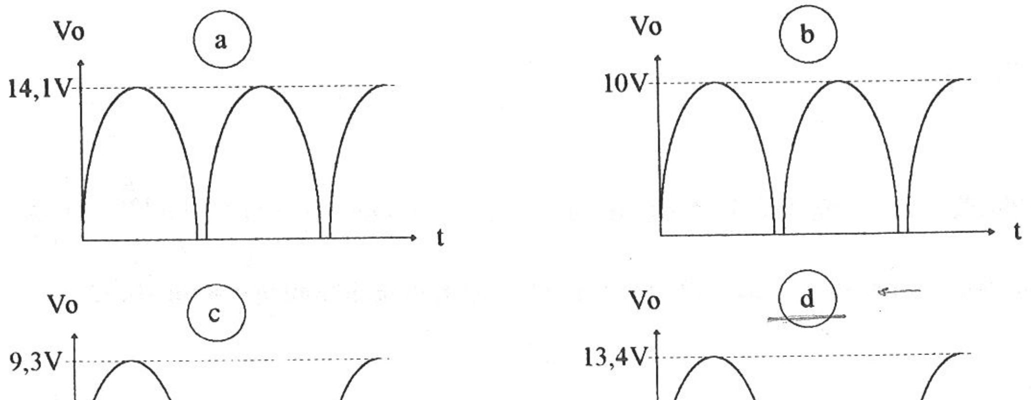
$I_B = 25 \cdot 10^{-5}$

PREGUNTA 6

En el circuito rectificador de la figura, con entrada senoidal, ¿cuál es la forma de onda de la tensión de salida?







ESCOLA UNIVERSITÀRIA POLITÈCNICA DE VILANOVA I LA GELTRÚ	
EXAMEN DE ELECTRÓNICA FUNCIONES	SEPTIEMBRE 1995 1er CUATRIMESTRE

El examen se realizará sin apuntes. Se puede utilizar una hoja (máximo) con las fórmulas que se consideren de interés.

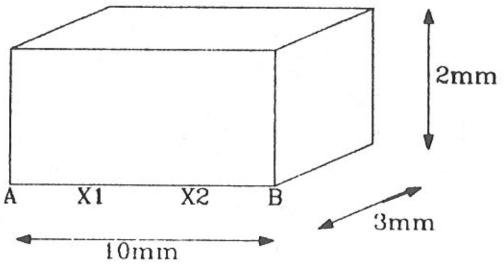
Entregar cada problema en hojas separadas.

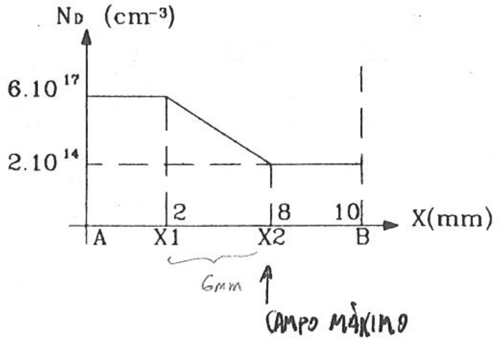
Todas las hojas que se estén sobre la mesa deberán tener el nombre del alumno.

Situar en lugar visible documento acreditativo.

PROBLEMA 1 ***(3,5 puntos)***

Se dispone del cristal semiconductor mostrado en la figura y dopado tal como se muestra en la gráfica adjunta.

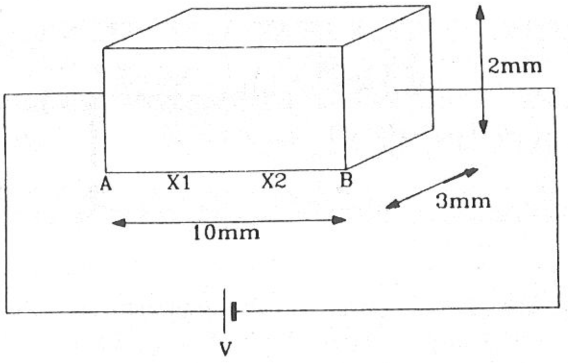




Se pide:

1.- Si el semiconductor está aislado y en equilibrio indicar el punto donde se produce el campo eléctrico máximo y calcular su valor en dicho punto.

2.- Al aplicar un potencial de 888 Voltios con el sentido indicado en la siguiente figura se establece una corriente de 0,6 Amperios. Calcular el campo eléctrico máximo en esta nueva situación. Nota: Despreciar las corrientes debidas a huecos.



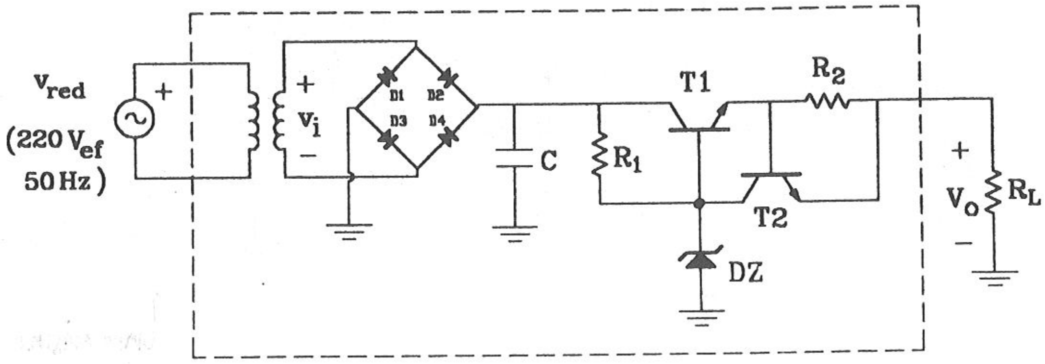
Datos: $ni^2 = 1{,}6.10^{10}cm^{-3}$; $Dn = 37{,}5cm^2/s$; $Dp = 15cm^2/s$; $V_T = 25mV$

$\mu n = 1500cm^2/Vs$; $\mu p = 600cm^2/Vs$; $\varepsilon_o = 8{,}8.10^{-14}F/cm$; $\varepsilon_r = 11{,}8$

$\tau_n = \tau_p = 2{,}5.10^{-3}s$; $q = 1{,}6.10^{-19}C$

PROBLEMA 2 ***(3 puntos)***

En la figura se muestra el esquema eléctrico de una fuente de alimentación que proporciona una tensión de salida constante, de valor comprendido entre 4.3V y 5V dependiendo del valor de la resistencia de carga.



Datos: $R_1 = 100\,\Omega$, $R_2 = 0.7\,\Omega$, $C = 470\,\mu F$, $R_L = 9.3\,\Omega$, $v_i = 15 \cdot \sin\omega t\ (V)$

diodos ideales, diodo zener con $V_Z = 5.7\ V$, transistores idénticos con $V_{BEact} = 0.7\ V$ y $h_{FE} = 40$. *Considérense despreciables las corrientes de base frente a las de colector.*

Se pide:

1.- Indicar la zona de funcionamiento y el punto de reposo del transistor T2 $(I_{B_2}, V_{BE_2}, I_{C_2}, V_{CE_2})$. Obtener el valor de la tensión de salida v_o.

2.- Suponiendo que la tensión en el condensador presenta un rizado de 2V, obtener la potencia mínima y máxima que disipa el diodo zener.

PROBLEMA 1 1^{er} cuatrimestre.

1.- Debido al elevado nivel de dopado:

$n(x) \simeq N_D(x)$

Si está aislado y en equilibrio

$J_{Tn} = J_{dn} + J_{an} = 0 \Rightarrow J_{an} = -J_{dn} \Rightarrow$

$\Rightarrow q\, n(x)\, \mu_n E(x) = -q D_n \dfrac{dn(x)}{dx} = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 37{,}5 \dfrac{2 \cdot 10^{14} - 6 \cdot 10^{17}}{0{,}6}$

(0,6 = 6 mm)

$= 6\ A/cm^2 = -J_{dn}$

$E(x) = \dfrac{6\ A/cm^2}{q\, n(x)\, \mu_n} \Rightarrow$ el campo máximo se produce cuando $n(x)$ es mínimo $\Rightarrow x = x_2 \Rightarrow$

$n(x_2) = 2 \cdot 10^{14}\ cm^{-3} \Rightarrow$

$\Rightarrow E_{máx} = E(x_2) = \dfrac{6}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{14} \cdot 1500} = 125\ V/cm$

2.- En la nueva situación la corriente a través del S.C. es: $J_T = \dfrac{I_T}{A} = \dfrac{0{,}6\ A}{0{,}3 \times 0{,}2\ cm^2} = 10\ A/cm^2$

$J_T = J_{an} + J_{dn} + J_{ap} + J_{dp} \underset{\text{por hipótesis}}{\simeq} J_{an} + J_{dn} \Rightarrow$

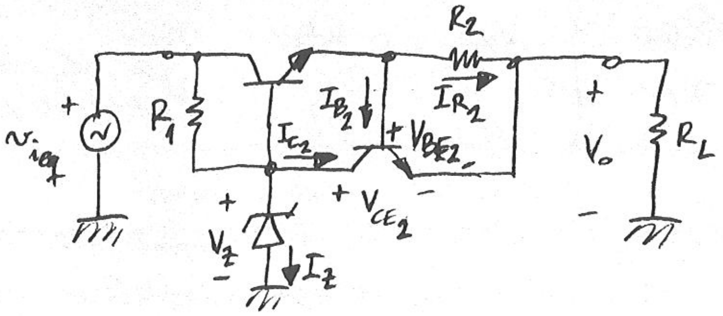
$\Rightarrow J_{an} = J_T - J_{dn} = q\, n(x)\, \mu_n E(x) \Rightarrow E(x) = \dfrac{J_T - J_{dn}}{q\, n(x)\, \mu_n} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ El $E_{máx}$ se produce en $x_2 \Rightarrow$

$E_{máx} = \dfrac{10 - (-6)}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{14} \cdot 1500} = 333{,}3\ V/cm.$

Prob. 2 Sept. 95

circuito equivalente:



$$V_Z = V_{BE_1} + V_{BE_2} + V_o \quad (1)$$

$$V_{BE_2} = R_2 I_{R_2} \quad (2)$$

$$I_{R_2} + I_{C_2} = V_o / R_L \quad (3)$$

1)

Suponer:

T1 activa (4) $\begin{cases} V_{BE_1} = 0{,}7V \\ I_{C_1} = h_{FE} I_{B_1} \end{cases}$ T2 activa (5) $\begin{cases} V_{BE_2} = 0{,}7V \\ I_{C_2} = h_{FE} I_{B_2} \end{cases}$

DZ ruptura : $V_Z = 5{,}7\,V$ (6)

Sustituyendo (4), (5) y (6) en (1), (2) y (3) se obtiene:

$V_o = 4{,}3V$, $I_{R_2} = 1A$, $I_{C_2} = -0{,}537\,A < 0$ y

en consecuencia, la suposición anterior es incorrecta.

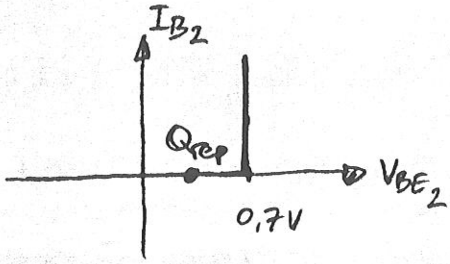
Suponer T1 activa, DZ ruptura y T2 corte: $I_{B_2} = I_{C_2} = 0$ (7)

De (4), (6) y (7) en (1), (2) y (3), y teniendo en cuenta

que: $V_{CE_2} = V_{BE_1} + V_{BE_2}$, se obtiene:

$I_{R_2} = 0{,}5A$, $V_o = 4{,}65V$, $V_{BE_2} = 0{,}35V$, $V_{CE_2} = 1{,}05V$

Obsérvese como el resultado obtenido no presenta ninguna incongruencia:



Qrep T2

$$\begin{cases} I_{B_2} = I_{C_2} = 0 \\ V_{BE_2} = 0{,}35V \\ V_{CE_2} = 1{,}05V \end{cases}$$

T2 corte

$V_o = 4{,}65V$

2)

$$P_{Z_{max}} = V_Z \cdot I_{Z_{max}} \quad , \quad P_{Z_{min}} = V_Z \cdot I_{Z_{min}}$$

$$I_Z = \frac{v_{Teq} - V_Z}{R_1} - I_{B_1} - \cancel{I_{C_2}}^{\,0} \quad , \quad I_{B_1} = \frac{I_{C_1}}{h_{FE}} = \frac{\cancel{I_{B_2}}^{\,0} + I_{R_2}}{h_{FE}} = 12{,}5mA$$

$$I_{Z_{max}} = \frac{15V - 5{,}7V}{0{,}1k\Omega} - 12{,}5\,mA = 80.5\,mA$$

$$I_{Z_{min}} = \frac{13V - 5{,}7V}{0{,}1k\Omega} - 12{,}5\,mA = 60{,}5\,mA$$

Y por tanto:

$$P_{Z_{max}} = 458{,}85\,mW$$

$$P_{Z_{min}} = 344{,}85\,mW$$

TEST HP EE

HOJA DE RESPUESTA TEST

SEPTIEMBRE 1995 2º CUATRIMESTRE

APELLIDOS:____________________ ____________________

NOMBRE:____________________ **D.N.I:** ____________

OBSERVACIONES:

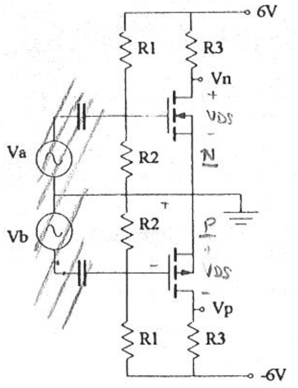
1.- Marcar con un círculo la respuesta considerada correcta.
2.- Para anular una respuesta superponer una X al círculo.
3.- Cualquier otra marca provocará que la respuesta sea considerada errónea.
4.- Cada respuesta errónea descontará 1/4 del valor de cada pregunta.
5.- PUNTUACION: 3,5 puntos.

PREGUNTA 1	(A)	B	C	D
PREGUNTA 2	A	B	C	(D)
PREGUNTA 3	(A)	B	C	D
PREGUNTA 4	A	B	(C)	D
PREGUNTA 5	A	B	(C)	D
PREGUNTA 6	A	B	C	(D)

Código de prueba 3957242

PREGUNTA 1

Calcular la diferencia de tensión Vp-Vn en reposo:



Datos: R_1=10KΩ, R_2=5KΩ, R_3=100Ω, para ambos FET: $|I_{DSS}|$=10mA, |Vp|=3V

a) -12V

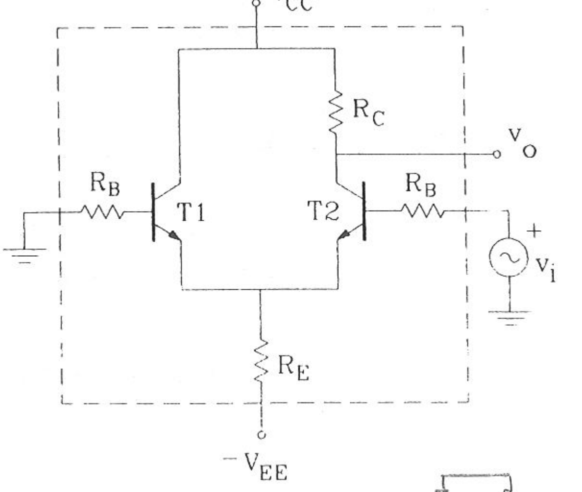
b) 0V

c) -3,2V

d) -6,4V

PREGUNTA 2

El amplificador diferencial integrado de la figura presenta las siguientes características: $|A_d| = 500$, $|CMRR| = 20\ dB$. Al excitar una de sus entradas con una señal alterna $v_i = V_I \cdot \sin\omega_i t$ (V) se observa que su salida toma el valor $v_o = 5 + 2 \cdot \sin\omega_i t$ (V).



¿Qué amplitud debe presentar la señal de entrada v_i?

a) $V_I = 14$ mV

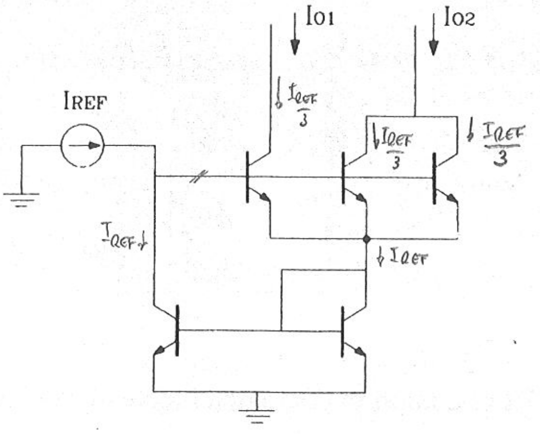
b) $V_I = -10$ mV

c) $V_I = -4.1$ mV

d) $V_I = -3.8$ mV

PREGUNTA 3

El circuito de la figura representa un espejo de corriente de Wilson con salida múltiple, formado con BJTs idénticos.



Suponiendo que los transistores trabajan en activa y que todas las corrientes de base son despreciables frente a las de colector, ¿cuáles serán las expresiones de las corrientes de salida?

a) $I_{o1} = \dfrac{I_{REF}}{3}$, $I_{o2} = \dfrac{2I_{REF}}{3}$

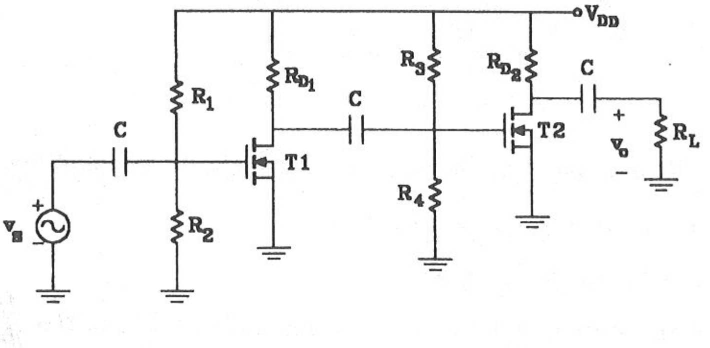
b) $I_{o1} = I_{REF}$, $I_{o2} = 2I_{REF}$

c) $I_{o1} = \dfrac{I_{REF}}{2}$, $I_{o2} = I_{REF}$

d) $I_{o1} = \dfrac{I_{REF}}{4}$, $I_{o2} = \dfrac{I_{REF}}{2}$

PREGUNTA 4

El amplificador multietapa de la figura está constituido por dos etapas amplificadoras idénticas con los siguientes datos de interés: márgenes dinámicos $\Delta V_{DSohm} = 3\ V_p$, $\Delta V_{DScorte} = 4\ V_p$ y ganancia de tensión $A_v = 0.5$. ¿Cual es la máxima excursión simétrica de salida del amplificador completo?



a) $MES(v_o) = 6\ V_{pico}$

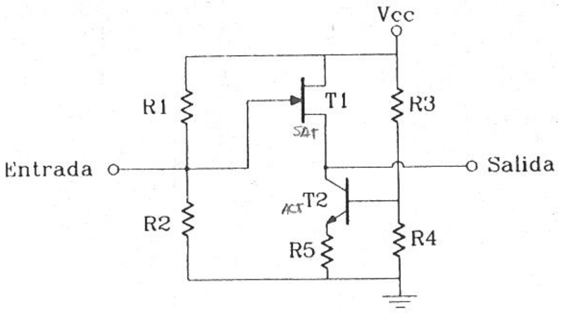
b) $MES(v_o) = 3\ V_{pico}$

c) $MES(v_o) = 1.5\ V_{pico}$

d) $MES(v_o) = 9\ V_{pico}$

PREGUNTA 5

En el siguiente circuito, si el transitor T1 está en saturación y el T2 en activa, indicar qué afirmación es falsa:



a) El transitor T2 se comporta como una fuente de corriente

b) La ganancia de tensión es menor que la unidad

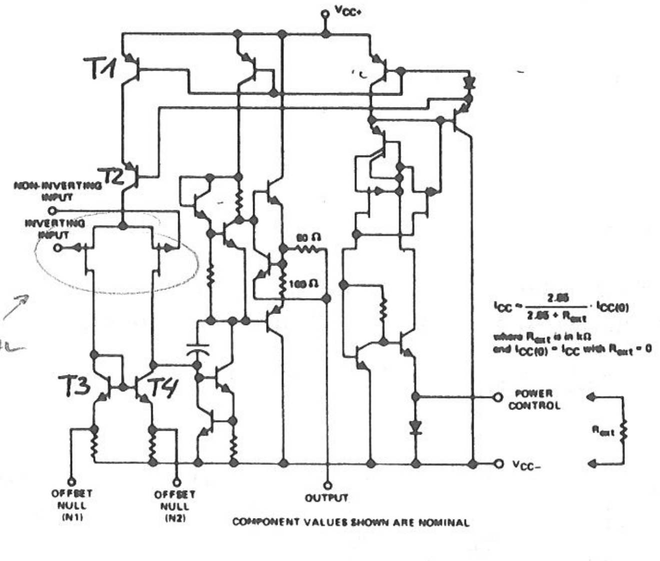
c) El nivel de continua del terminal de entrada es superior al de salida

d) Mientras el BJT esté en la zona activa y el JFET en saturación el valor en reposo de la tensión de salida depende de R3 y de R4

PREGUNTA 6

Sobre el siguiente circuito, correspondiente al amplificador operacional TL066 de Texas Instruments, indicar cúal de las siguientes afirmaciones es falsa:

schematic



a) Los transitores T1 y T2 forman parte de la fuente de corriente del par diferencial

b) Los transitores T3 y T4 actúan como cargas activas

c) La tensión CB de T1 es aproximadamente cero

d) Los transitores T3 y T4 componen la fuente de corriente del par diferencial

ESCOLA UNIVERSITÀRIA POLITÈCNICA DE VILANOVA I LA GELTRÚ	
EXAMEN DE ELECTRÓNICA FUNCIONES	SEPTIEMBRE 1995 2º CUATRIMESTRE

El examen se realizará sin apuntes. Se puede utilizar una hoja (máximo) con las fórmulas que se consideren de interés.

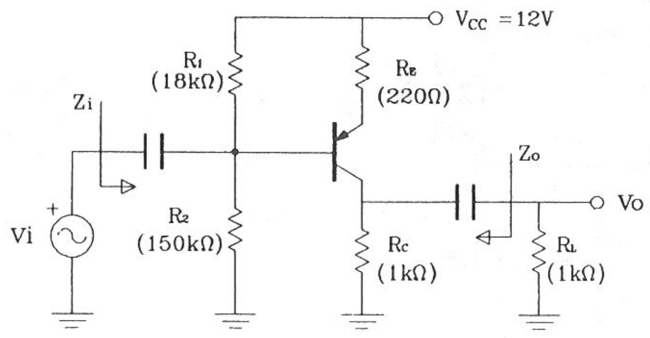
Entregar cada problema en hojas separadas.

Todas las hojas que se estén sobre la mesa deberán tener el nombre del alumno.

Situar en lugar visible documento acreditativo.

PROBLEMA 1 ***(3,5 puntos)***

Dado el circuito amplificador de la figura adjunta



Datos:

$V_{EB(act)} = 0{,}7V$

$V_{EC(sat)} = 0{,}5V$

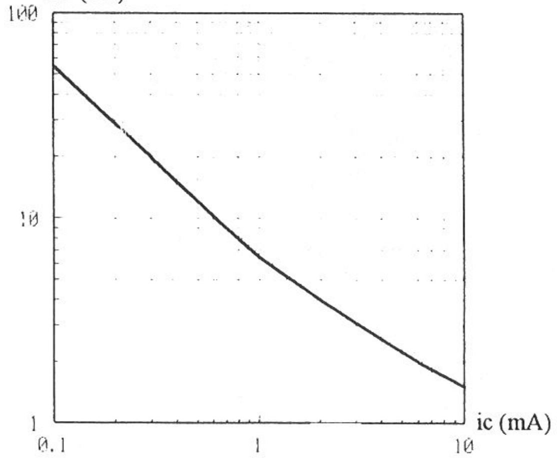
$h_{FE} = 300$

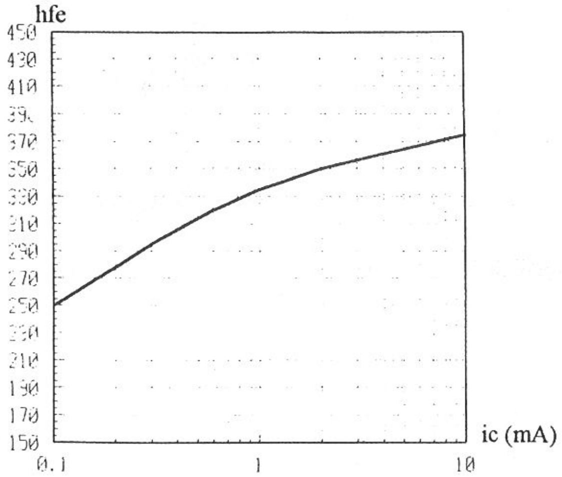
$C\omega \rightarrow \infty$

se pide:

1.– Representar el circuito equivalente para el análisis en continua y calcular el punto de reposo del transistor.

2.– El fabricante del transistor suministra las gráficas siguientes sobre la variación de h_{ie} y h_{fe} con respecto a la corriente de colector;





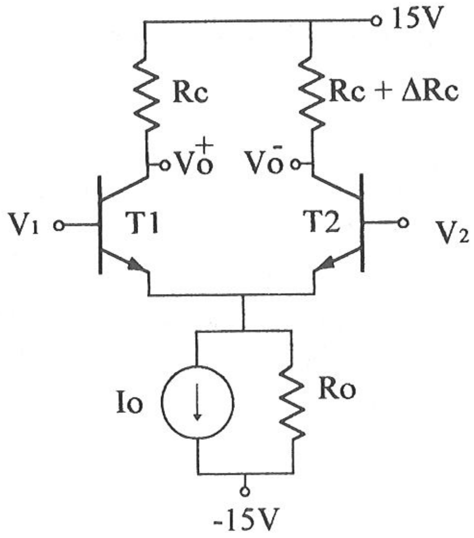
¿cuáles serán los valores de h_{ie} y h_{fe} del transistor? *Nota: En este apartado y en los siguientes, supóngase que el valor de $I_{CQ} = 2mA$.*

3.- Representar el circuito equivalente para el análisis en pequeña señal del amplificador. Determinar los valores de la ganancia de tensión (A_V), la impedancia de entrada (Z_i) y la impedancia de salida (Z_o).

4.- Si aplicamos una señal de entrada $v_i = 1 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot t)$ Volts, ¿cuál será el valor de la corriente **total** de colector? Representar aproximadamente esta corriente en función del tiempo, indicando los puntos de interés (valor máximo, valor mínimo, periodo, etc.). Comentar brevemente el resultado.

PROBLEMA 2 ***(3 puntos)***

En la figura se presenta un amplificador diferencial realizado con transistores bipolares idénticos:



Responda a las siguientes cuestiones:

1.- **Escribir** las expresiones de las ganancias en pequeña señal, en función de los componentes del amplificador de la figura:

$$A_{c1} = \left.\frac{V_o^+}{V_c}\right|_{V_d=0} \qquad A_{c2} = \left.\frac{V_o^-}{V_c}\right|_{V_d=0}$$

$$A_{d1} = \left.\frac{V_o^+}{V_d}\right|_{V_c=0} \qquad A_{d2} = \left.\frac{V_o^-}{V_d}\right|_{V_c=0}$$

Donde: $V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$ y $V_d = V_1 - V_2$ Tomar: $r_{oe1} = r_{oe2} = \infty$

2.- Considerando la salida diferencial: $V_o = V_o^+ - V_o^-$, **hallar** las amplificaciones en pequeña señal:

$$A_c = \left.\frac{V_o}{V_c}\right|_{V_d=0} \qquad\qquad A_d = \left.\frac{V_o}{V_d}\right|_{V_c=0}$$

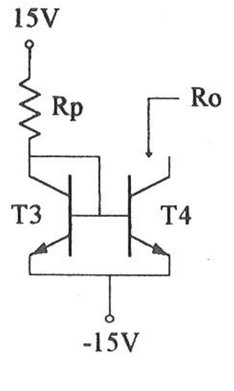
3.- **Hallar** el CMRR en V_O.

4.- **Hallar** la R_O que nos asegure CMRR > 10.000 (no son dB), considerando:

$$\Delta R_C = 0{,}1 R_C$$
$$R_C = 100K\Omega$$
$$R_B = 100K\Omega$$
$$h_{ie} = \frac{25mV}{I_{BQ}}$$
$$h_{oe} = 0$$
$$h_{fe} = h_{FE} = 100$$
$$I_{CQ1} = I_{CQ2} = 100\mu A$$

5.- **Hallar** la impedancia de salida en V_o^+ y V_o^-. Considerar $h_{oe} = 0$.

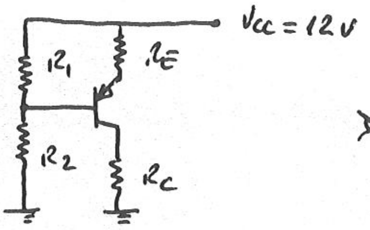
6.- **Diseñar** la fuente **Io** mediante espejo de corriente, hallando **Rp** y el valor de V_A de T4 que asegura una Ro de 600KΩ, sabiendo que $r_{oe4} = \frac{V_A}{I_{CQ4}}$.



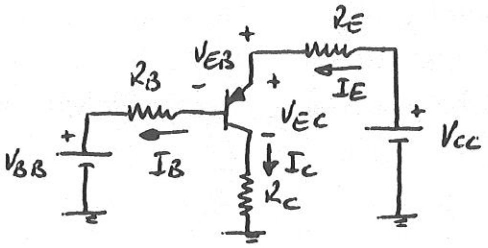
7.- Si la máxima V_A posible es 30V, hallar el valor de Ro del espejo. Presentar el circuito de otro tipo de espejo de corriente que mejore la impedancia de salida.

Resolución problema nº 1, 2º Cuatrimestre. Examen ELEF - Sept. 1995

①



≡



$$V_{BB} = V_{cc} \frac{R_2}{R_1+R_2} = 10{,}71\,V$$

$$R_B = R_1 \| R_2 = 16{,}07\,k\Omega$$

Ecuaciones:
- $V_{cc} - V_{EB} - V_{BB} - I_E \cdot R_E - I_B \cdot R_B = 0$

(Activa) $I_E = (h_{FE}+1) I_B$

$V_{EB}(act) = 0{,}7V$

$\Rightarrow$ $I_{BQ} = 7{,}17\,\mu A > 0$

⇓

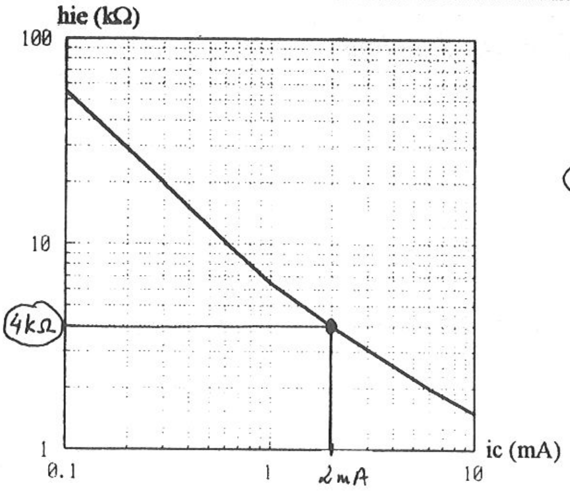
$I_{CQ} = h_{FE} \cdot I_{BQ} = 2{,}15\,mA > 0$

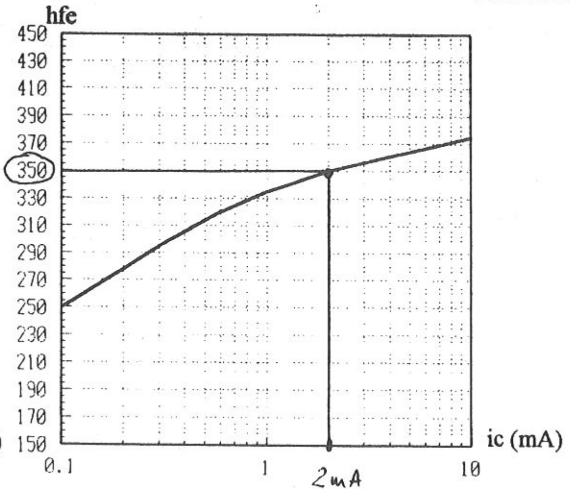
$I_{EQ} \simeq I_{CQ} = 2{,}15\,mA > 0$

- $V_{cc} - I_E \cdot R_E - V_{EC} - I_C \cdot R_C = 0 \Rightarrow V_{ECQ} = 9{,}37\,V > V_{EC}(sat)$

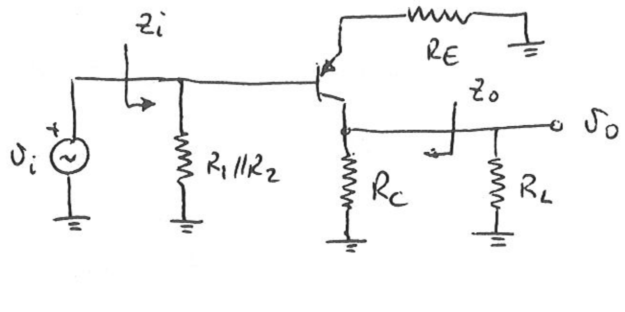
Comprobación activa.

② hie y hfe son parámetros del modelo equiv. de pequeña señal del BJT; estos parámetros dependen del pto. de reposo. En nuestro caso, se indica que $I_{CQ} = 2\,mA$, entonces según las gráficas:

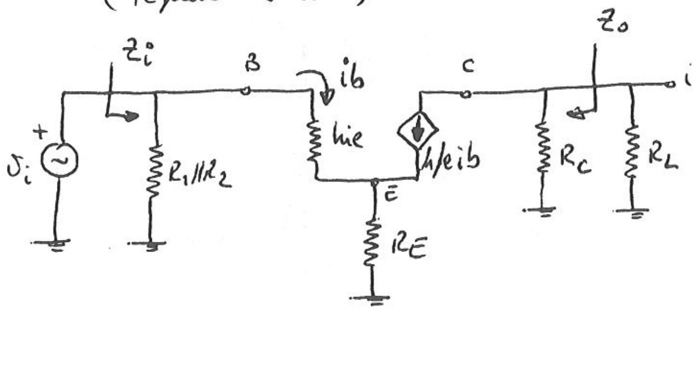




③ Circuito en A.C. (Pequeña señal)



≡

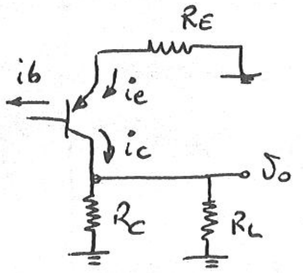


$$A_v = \frac{-h_{fe}(R_C \parallel R_L)}{h_{ie} + (h_{fe}+1) \cdot R_E} = -2{,}15$$

$$Z_i = R_1 \parallel R_2 \parallel [h_{ie} + (h_{fe}+1) R_E] = 13{,}4\ k\Omega$$

$$Z_o = R_C = 1\ k\Omega$$

④ Del circuito en A.C.



$i_c = \dfrac{v_o}{R_C \parallel R_L}$ ← componente alterna.

$i_C = I_{CQ} + i_c$

- i_c: componente alterna
- I_{CQ}: componente continua
- i_C: componente total

Del apartado ③ : $v_o = A_v \cdot v_i$ (expresión válida en peq. señal).

$v_i = 1 \cdot \sin(2\pi 1000 t)$ Volts $\Rightarrow v_o = -2{,}15 \cdot \sin(2\pi 1000 t)$ Volts.

$\Downarrow$

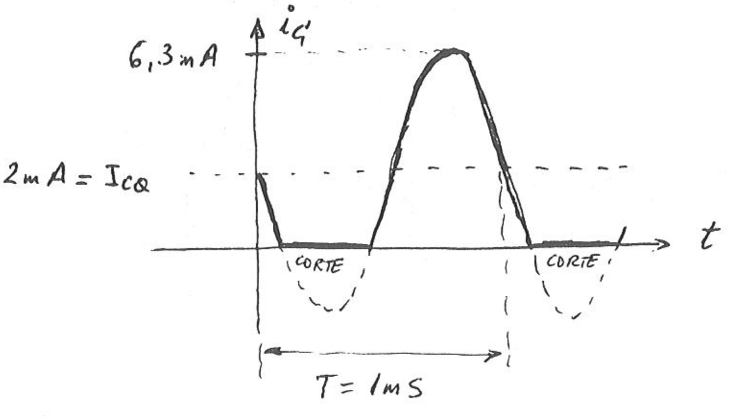
$$i_c = \frac{v_o}{R_C \parallel R_L} = -4{,}3 \cdot \sin(2\pi 1000 t)\ mA$$

Entonces: $i_C = I_{CQ} + i_c = 2mA - 4{,}3 \sin(2\pi 1000 t)\ mA$

$\omega = 2\pi f = 2\pi 1000 \Rightarrow T = \frac{1}{f} = 1ms$

$i_C(\text{máx}) = 2mA + 4{,}3\ mA = 6{,}3\ mA$

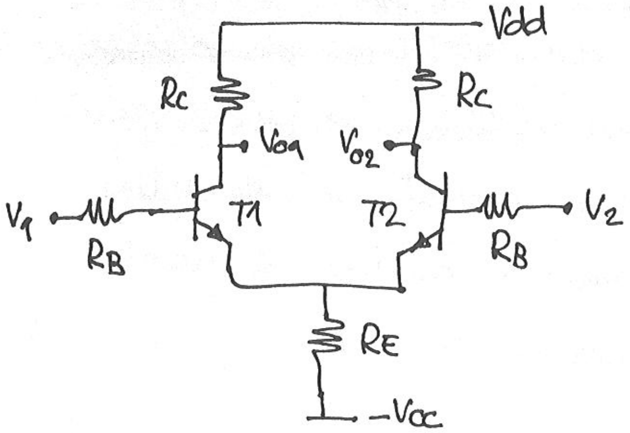
$i_C(\text{mín}) = 2mA - 4{,}3\ mA = -2{,}3\ mA < 0 \Rightarrow$ el BJT está en <u>CORTE</u>.



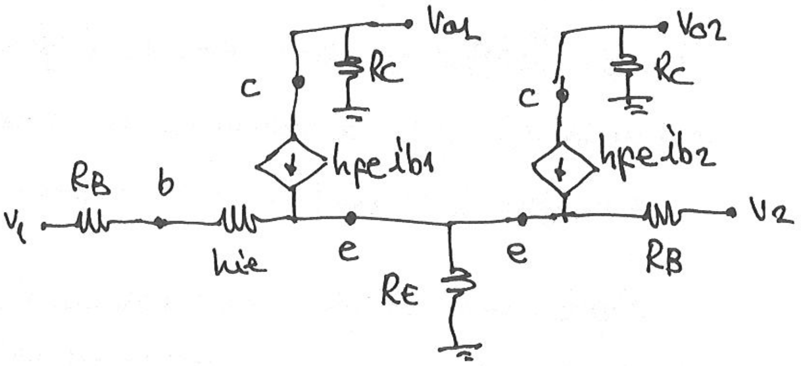
Observación: la amplitud de la señal es lo suficientemente grande para llevar al BJT a la zona de CORTE.

PROBLEMA 2. (2º Cuatrimestre)

(1) Escribir las expresiones no requiere plantear la demostración. A partir de la teoría se pueden hallar directamente recordando el estudio del amplificador diferencial bipolar simétrico:



Cuyo circuito equivalente en pequeña señal es:



en este circuito en pequeña señal se vió:

$$\begin{cases} V_{o1} = A_{d1} V_d + A_{c1} V_c \\ V_{o2} = A_{d2} V_d + A_{c2} V_c \end{cases}$$

donde:

$$A_{c1} = \frac{-h_{fe} R_C}{R_B + h_{ie} + 2R_E(h_{fe}+1)}$$

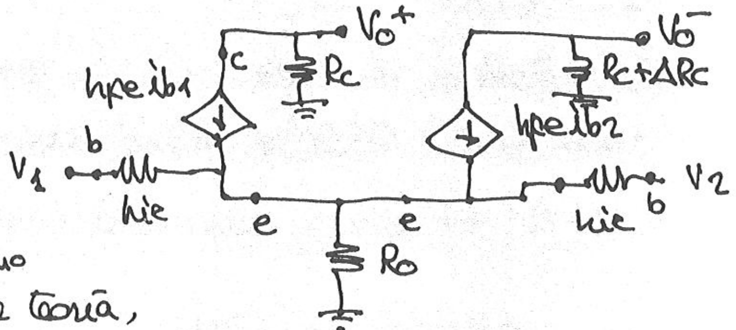
$$A_{c2} = \frac{-h_{fe} R_C}{R_B + h_{ie} + 2R_E(h_{fe}+1)}$$

$$A_{d1} = \frac{-h_{fe} R_C}{2(R_B + h_{ie})}$$

$$A_{d2} = \frac{+h_{fe} R_C}{2(R_B + h_{ie})}$$

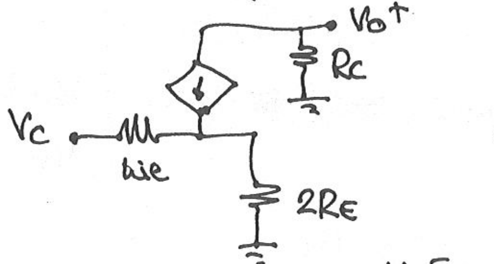
si consideramos que el modelo en pequeña señal del circuito del enunciado es el siguiente:

(ya que debemos considerar que los bipolares son idénticos)

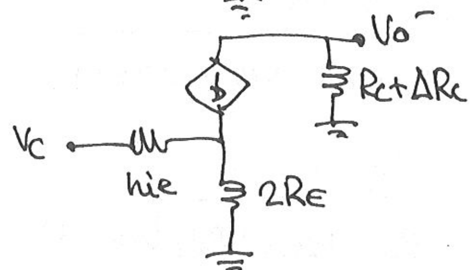


podemos ver que el circuito es el mismo de teoría, con $R_B = 0$ y cambiando una de las dos resistencias de colector. El análisis es idéntico al realizado en la teoría, ya que al estar R_c y $R_c+\Delta R_c$ en serie con una fuente de corriente, son elementos redundantes, que no son necesario considerar al analizar el circuito, y nos afectan el resultado sólo para obtener V_o^+ y V_o^- a partir de i_b:

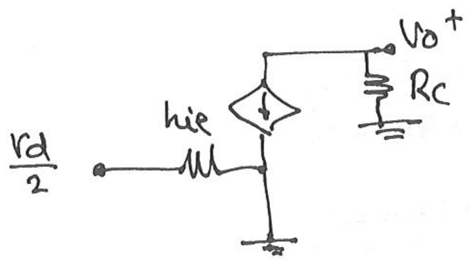
sigue siendo válida la simplificación de circuito mitad:



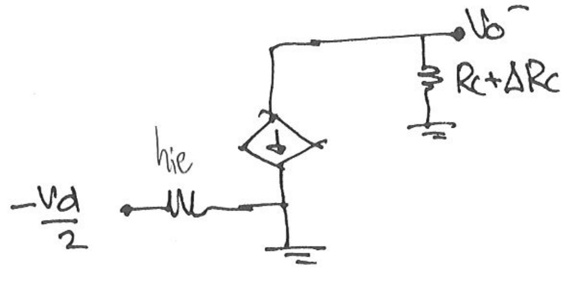
$$\frac{V_o^+}{V_c} = \frac{-h_{fe}\, i_{b_1} R_c}{i_{b_1}\left(h_{ie} + 2R_E(h_{fe}+1)\right)}$$



$$\frac{V_o^-}{V_c} = \frac{-h_{fe}\, i_{b_2}(R_c+\Delta R_c)}{i_{b_2}\left(h_{ie} + 2R_E(h_{fe}+1)\right)}$$



$$\frac{V_o^+}{V_d} = \frac{-h_{fe}\, i_{b_1} R_c}{2\, i_{b_1} h_{ie}}$$



$$\frac{V_o^-}{V_d} = \frac{h_{fe}\, i_{b_2}(R_c+\Delta R_c)}{2\, i_{b_2} h_{ie}}$$

Por lo tanto:

$$A_{c1} = \frac{-h_{fe} R_c}{h_{ie} + 2R_o(h_{fe}+1)} \qquad A_{d1} = \frac{-h_{fe} R_c}{2 h_{ie}}$$

$$A_{c2} = \frac{-h_{fe}(R_c + \Delta R_c)}{h_{ie} + 2R_o(h_{fe}+1)} \qquad A_{d2} = \frac{h_{fe}(R_c + \Delta R_c)}{2 h_{ie}}$$

Que es el resultado que se obtiene substituyendo directamente en las fórmulas de teoría. La justificación presentada no se requería en el examen.

(2) Por ser $V_o = V_o^+ - V_o^-$ y $\begin{cases} V_o^+ = A_{c1} V_c + A_{d1} V_d \\ V_o^- = A_{c2} V_c + A_{d2} V_d \end{cases}$

vemos: $V_o = (A_{c1} - A_{c2}) V_c + (A_{d1} - A_{d2}) V_d$

y

$$\begin{cases} A_c = \left.\dfrac{V_o}{V_c}\right|_{V_d=0} = A_{c1} - A_{c2} = \dfrac{h_{fe} \Delta R_c}{h_{ie} + 2R_o(h_{fe}+1)} \\[2ex] A_d = \left.\dfrac{V_o}{V_d}\right|_{V_c=0} = A_{d1} - A_{d2} = \dfrac{-h_{fe}(2R_c + \Delta R_c)}{2 h_{ie}} \end{cases}$$

donde se observa que el desapareamiento de las resistencias crea A_c no nula, mientras que A_d se ve poco modificada.

(3)

$$CMRR = \left|\frac{A_d}{A_c}\right| = ?$$

$$= \frac{\dfrac{h_{fe}(2R_c + \Delta R_c)}{2 h_{ie}}}{\dfrac{h_{fe} \Delta R_c}{h_{ie} + 2R_o(h_{fe}+1)}} = \frac{2R_c + \Delta R_c}{\Delta R_c} \, \frac{h_{ie} + 2R_o(h_{fe}+1)}{2 h_{ie}}$$

Donde: – Si $\Delta R_c \to 0 \Rightarrow \dfrac{2R_c + \Delta R_c}{\Delta R_c} \to \infty$ y recuperamos el CMRR infinito del diferencial simétrico

– Si $\Delta R_c = -R_c \Rightarrow$ en la rama derecha no hay $R_c \Rightarrow$ $\Rightarrow$ tenemos salida $V_o^- = 0 \Rightarrow V_o = V_o^+ =$ salida asimétrica y se recupera $CMRR = \dfrac{1}{2} + \dfrac{R_o(h_{fe}+1)}{h_{ie}}$ visto en la teoría.

(4) CMRR > 10.000 ⇒ R_o?

Substituyendo: $$\frac{2\cdot 100k + 10k}{10k}\;\frac{25k + 2R_o\cdot 101}{50k} > 10.000$$

ya que $$h_{ie} = \frac{25mV}{I_{BQ}} = \frac{25mV}{1\mu A} = 25k\Omega$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{h_{FE}} = \frac{100\mu A}{100} = 1\mu A$$

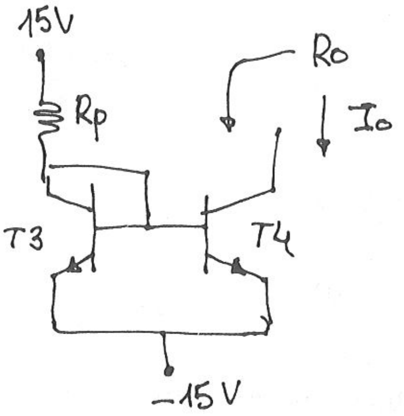
simplificando: $25 + 202R_o > 5000000/210 \Rightarrow$ **$R_o > 117\ k\Omega$**

(En teoría se vió que si $R_o \uparrow \Rightarrow$ CMRR $\uparrow$ en el caso asimétrico)

(5) En la teoría se vió que al considerar $h_{oe} = 0$, la impedancia de salida es la resistencia de colector, ya que por simetría, si $V_c = 0$ y $V_d = 0 \Rightarrow i_{b1} = i_{b2} = 0$ aunque pongamos una fuente independiente en V_o^+ o V_o^-. Por lo tanto:

$$\begin{cases} Z_o^+ = R_c \\ Z_o^- = R_c + \Delta R_c \end{cases}$$

(6)



$I_o = I_{EQ1} + I_{EQ2} \simeq 200\mu A$

$I_{R_p} \simeq I_o = 200\mu A$ (condición de espejo de corriente)

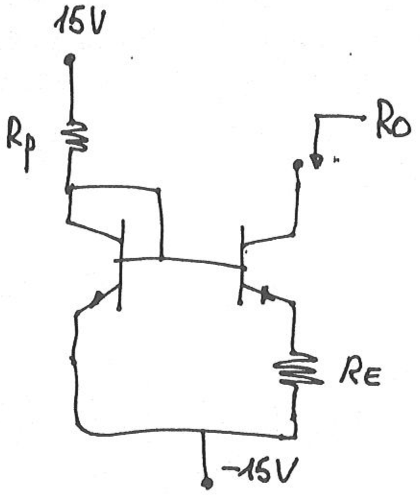
Así: $$R_p \simeq \frac{15 - 0{,}7 - (-15)}{200\mu A} = 146\ k\Omega$$

En esta configuración: $R_o = h_{oe4} = \frac{V_A}{I_{CQ4}} = 600\,k\Omega \Rightarrow V_A = 120V$

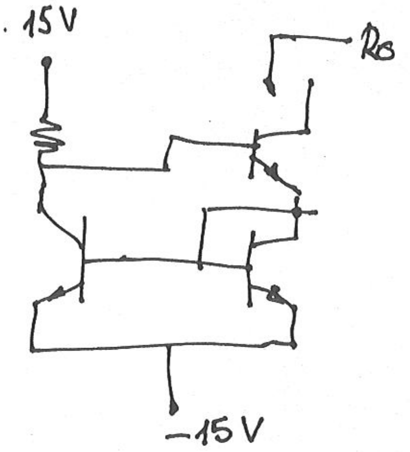
$I_{CQ4} = 200\mu A$

(7) Si $V_A = 30V \Rightarrow R_o = h_{oe4} = \frac{V_A}{200\mu A} = 150\,k\Omega$

Podemos mejorar la impedancia de salida de la fuente de corriente mediante las configuraciones siguientes:



Espejo de WIDLAR



Espejo de WILSON

SOL. EXAMEN ELEK
FEB. 96

HOJA DE RESPUESTA TEST

FEBRERO 1996 1er CUATRIMESTRE

APELLIDOS: ______________________ ______________________

NOMBRE: ______________________ **D.N.I:** ______________

OBSERVACIONES:

1.- Marcar con un círculo la respuesta considerada correcta.
2.- Para anular una respuesta superponer una X al círculo.
3.- Cualquier otra marca provocará que la respuesta sea considerada errónea.
4.- Cada respuesta errónea descontará 1/4 del valor de cada pregunta.
5.- TIEMPO: 105 minutos.
6.- PUNTUACION: 4 puntos.

PREGUNTA 1	A	(B)	C	D
PREGUNTA 2	A	B	(C)	D
PREGUNTA 3	A	B	(C)	D
PREGUNTA 4	A	B	(C)	D
PREGUNTA 5	(A)	B	C	D
PREGUNTA 6	A	B	(C)	D
PREGUNTA 7	A	B	(C)	D
PREGUNTA 8	A	B	(C)	D
PREGUNTA 9	A	B	C	(D)
PREGUNTA 10	A	B	C	(D)

Código de prueba 5386481

PREGUNTA 1

Se dispone de un semiconductor de tipo N fuertemente dopado que trabaja en un rango de temperaturas $T_1 \leq T \leq T_2$. Sabiendo que en el citado rango de temperatura se verifican los siguientes supuestos:

i) $n >> p$, $N_D >> n_i$, y $\mu_n > \mu_p$

ii) La movilidad de los portadores disminuye al aumentar la temperatura del semiconductor.

iii) El valor de n_i crece al aumentar la temperatura del semiconductor.

¿Qué le ocurrirá a la resistividad del semiconductor al aumentar la temperatura?

a) Permanecerá constante.
b) Aumentará.
c) Disminuirá.
d) Hace falta saber cual es el material semiconductor para determinar el comportamiento de la resistividad.

PREGUNTA 2

¿A qué se debe que las curvas $I_C(V_{CE})$ del BJT **real** presenten una cierta inclinación en la región activa?

a) A la ruptura de la unión B-E.
b) Al efecto zener.
c) Al efecto Early.
d) A la característica exponencial de la unión B-E.

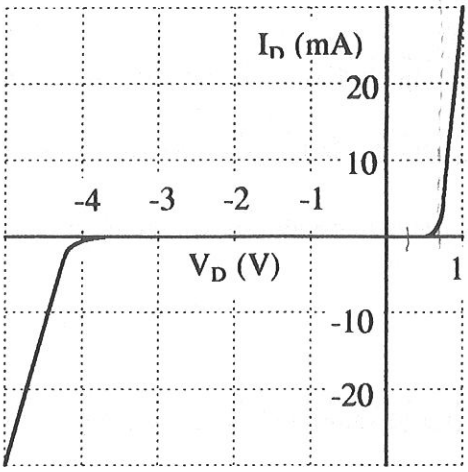
PREGUNTA 3

¿Cúal de las siguientes afirmaciones sobre una unión P-N aislada y en equilibrio es **falsa**?:

a) El campo eléctrico de la zona de carga de espacio va en sentido de N a P.
b) La región N está a un potencial mayor que la región P.
c) J_n y J_p tienen sentidos opuestos.
d) V_o depende del material semiconductor.

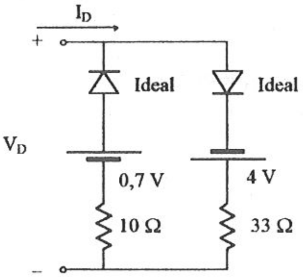
PREGUNTA 4

Dada la característica tensión-corriente de un diodo:

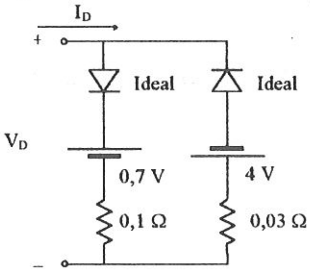


Indicar cual de los siguientes circuitos modela **mejor** el diodo:

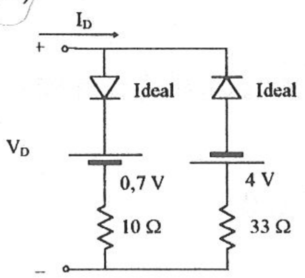
A)



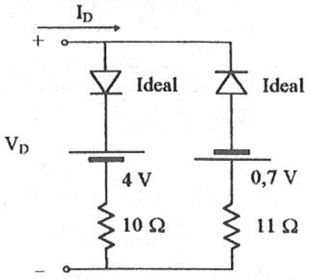
B)



C)



D)



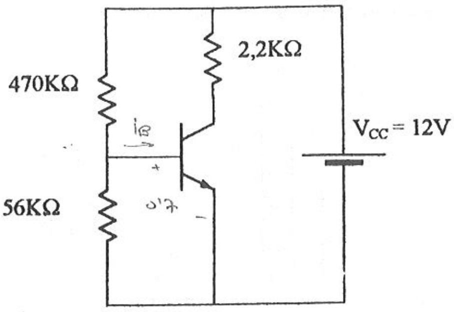
PREGUNTA 5

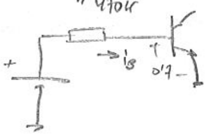
Indicar qué afirmación respecto la característica Vo/Vi de un recortador mediante diodos es **falsa**:

a) Nunca puede tener pendientes nulas o cercanas a cero.
b) Puede tener pendientes negativas.
c) Nunca puede tener pendientes mayores de 45°.
d) Puede situarse por encima de la recta Vo=Vi sólo si incorpora pilas o fuentes independientes de tensión o corriente.

PREGUNTA 6

En el siguiente circuito con transistor:

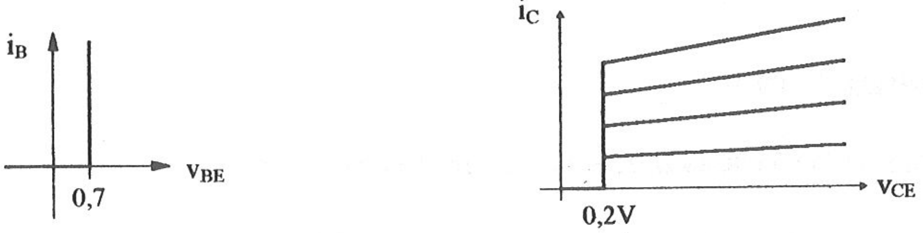




$12 \cdot \frac{56K}{56K+470K}$

$i_B = \frac{12 \cdot \frac{56K}{56K+470K}}{56K // 470K} = 11'54 \cdot 10^{-6}\ A = 11'54\ \mu A$

Se sabe que el BJT trabaja en la zona activa, y presenta unas características V-I como las representadas en la figura siguiente:



Obsérvese que las características de salida presentan una cierta pendiente. Este fenómeno queda reflejado en la expresión siguiente, que sólo es válida en zona activa:

$$i_C = \left[1 + \frac{v_{CE}}{V_A}\right] \cdot \beta \cdot i_B \qquad \text{con: } \beta = h_{FE} = 200 \text{ y } V_A = 100V$$

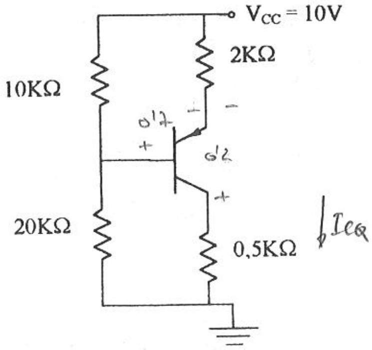
Bajo los supuestos anteriores, ¿Cuál será el valor del parámetro h_{oe} del modelo de pequeña señal del BJT?

$h_{oe} = \left.\frac{\partial i_C}{\partial v_{CE}}\right|_Q = \frac{\beta \cdot i_B}{V_A = 100} = 23'08 \cdot 10^{-6}\ A = 23\ \mu A$

a) $h_{oe} = 0$
b) $h_{oe} = 43mA/V$
c) $h_{oe} = 23\mu A/V$
d) $h_{oe} = 23mA/V$

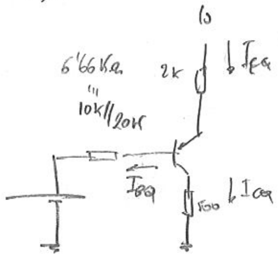
PREGUNTA 7

Hallar I_{CQ} en el circuito de la figura ($h_{FE} = \beta = 50$):



$$|V_{BEactiva}| = 0{,}7V$$
$$|V_{CEsat}| = 0{,}2V$$

a) $I_{CQ} = 4{,}088mA$
b) $I_{CQ} = 9{,}264mA$
c) $I_{CQ} = 1{,}210mA$
d) $I_{CQ} = 2{,}742mA$



$10 \cdot \frac{20K}{10K+20K} = \frac{20}{3}$

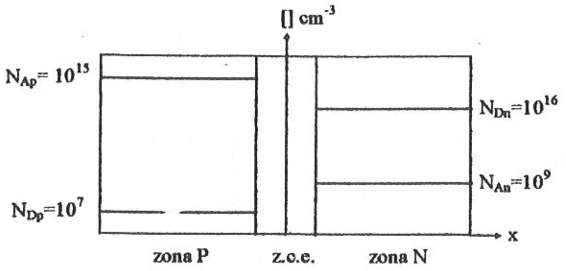
$10 = I_{CQ} \cdot 2K - 0'2 + I_{CQ} \cdot 500$

$10 = I_{CQ} \cdot 2K - 0'7 + I_{BQ} \cdot R_{eq} + \frac{20}{3}$

$I_{EQ} = I_{BQ} + I_{CQ}$

PREGUNTA 8

En la siguiente figura se representan los niveles de impurezas de una unión PN:

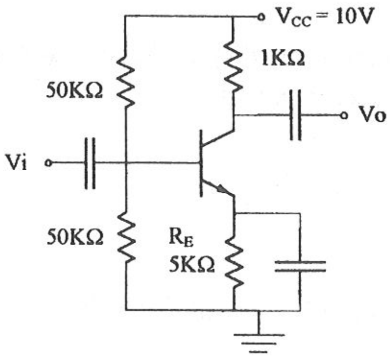


Sabiendo que $n_i=10^{10}$ cm^{-3}, $\mu_n=1500 cm^2/Vs$ $\mu_p=500 cm^2/Vs$ y $q=1{,}6\cdot 10^{-19}C$, hallar la resistividad del material semiconductor en la zona neutra P y en la zona neutra N:

a) $\rho_N = 4{,}2\cdot 10^8\ \Omega cm$, $\rho_P = 1{,}25\cdot 10^7\ \Omega cm$
b) $\rho_N = 4{,}2\cdot 10^5\ \Omega cm$, $\rho_P = 1{,}25\cdot 10^6\ \Omega cm$
c) $\rho_N = 0{,}42\ \Omega cm$, $\rho_P = 12{,}5\ \Omega cm$
d) $\rho_N = 2{,}4\ \Omega cm$, $\rho_P = 0{,}08\ \Omega cm$

PREGUNTA 9

Indicar la respuesta **falsa** sobre el circuito de la figura:



Datos:

$C\omega \rightarrow \infty$

$h_{ie} = \dfrac{25mV}{I_{BQ}}$

$h_{re} = 0$

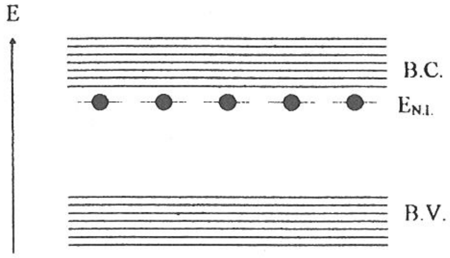
$h_{oe} = 1m\Omega^{-1}$

$h_{fe} = h_{FE} = \beta = 100$

a) $Z_i = 2{,}7k\Omega$
b) $Z_o = 500\Omega$
c) $I_{BQ} = 8{,}2\mu A$
d) Toda la i_e (corriente de emisor en pequeña señal) circula por R_E

PREGUNTA 10

Dada la estructura de bandas de un semiconductor extrínseco de Silicio, en el que cada e^- se encuentra en su átomo de impureza correspondiente (impurezas no ionizadas), indicar la respuesta correcta:



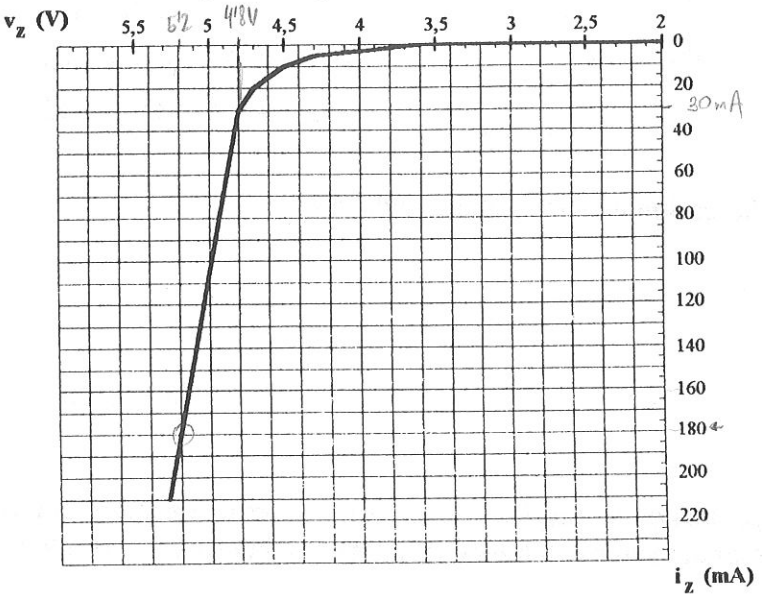
a) La temperatura es de 25°C
b) La conductividad del material es elevada.
c) No hay electrones en la banda de valencia.
d) El semiconductor es de tipo N.

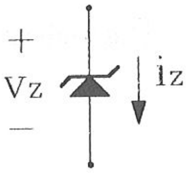
(**Nota:** $E_{N.I.}$ representa el nivel permitido introducido por las impurezas)

ESCOLA UNIVERSITARIA POLITECNICA DE VILANOVA I LA GELTRU	
EXAMEN DE ELECTRONICA FUNCIONES	FEBRERO 1996

PROBLEMA 1 *(3 puntos)*

Se dispone de un diodo zener, cuya característica en polarización inversa se muestra en la siguiente figura:





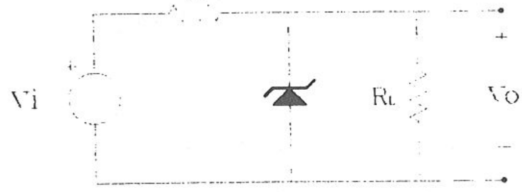
Se pide:

1.–Estimar el valor se $Iz_{(mín)}$ Razonar la respuesta.

2.– Realizar una aproximación lineal de la característica en la zona de ruptura para obtener el **modelo del diodo zener en ruptura**; determinar los valores de los parámetros Vz y Rz.

3.– Si el fabricante especifica una $Pz_{(máx)}$ = 1W, ¿cuál será el valor de $Iz_{(máx)}$?

4.– Se desea realizar un estabilizador de tensión para alimentar una carga resistiva constante, basado en el anterior diodo zener, siguiendo la estructura mostrada en la siguiente figura:



$v_i = 15V \pm 2V$

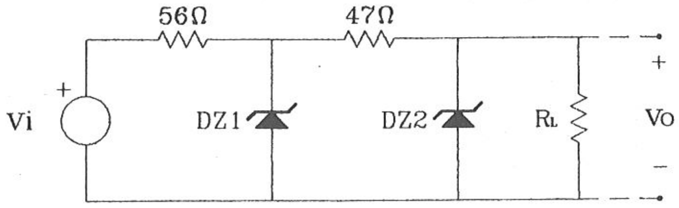
$R_L = 100\Omega$ = cte.

Supóngase **en este apartado** que los parámetros del diodo zener son:

Vz = 4,7V ; Rz = 2,5Ω ; $Iz_{(mín)}$ = 20mA ; $Iz_{(máx)}$ = 200mA.

¿cuál será el rango de valores de la resistencia R que permitirá que el estabilizador funcione correctamente?

5.- Con el estabilizador anterior, el rizado obtenido en la tensión de salida es de unos $\Delta v_o = 100mV_{pico\ a\ pico}$, que consideramos excesivo para nuestra aplicación. En vista de ello, y con el fin de mejorar la regulación, un diseñador nos propone el siguiente circuito estabilizador en el que los diodos zener **trabajan en ruptura:**



$v_i = 15V \pm 2V$

$R_L = 100\Omega = cte.$

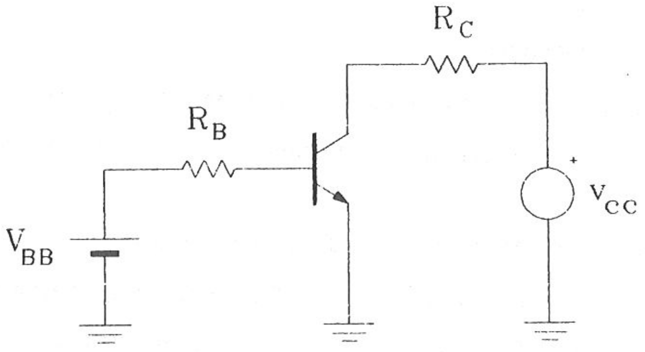
$V_{Z1} = 8{,}2V \quad R_{Z1} = 10\Omega$

$V_{Z2} = 4{,}7V \quad R_{Z2} = 2{,}5\Omega$

Determinar el valor de la tensión de rizado en la salida Δv_o

PROBLEMA 2 *(3 puntos)*

Con este problema se pretende obtener las variaciones que experimenta el punto de trabajo de un transistor bipolar al incluir una fuente de alterna en la malla de colector.



$V_{BB} = 5V, \quad v_{cc} = 15V \cdot |\sin(\omega t)|$

$R_B = 2k\Omega, \quad R_C = 1k\Omega$

BJT: $V_{BEact} = 0{,}7V,$

$V_{CEsat} = 0V, \quad h_{FE} = 40$

Para ello, se pide:

1) Obtener las posibles zonas de funcionamiento del transistor y el margen de tensiones v_{cc} para cada una de las mismas.

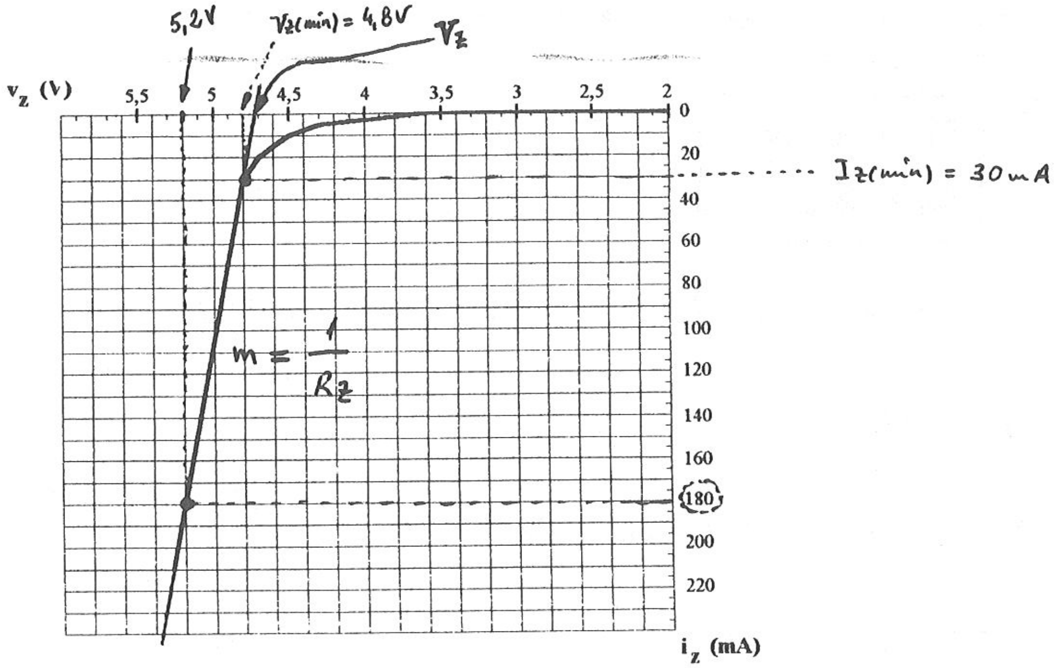
2) Obtener y representar gráficamente la evolución temporal de las variables del punto de trabajo $(i_B, v_{BE}, i_C, v_{CE})$, indicando los puntos de interés.

Resolución del Examen de Electrónica Funciones. Febrero 1996

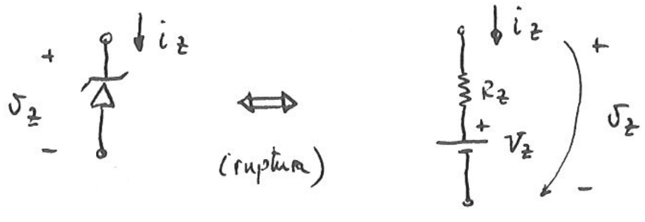
PROBLEMA 1

1) Puesto que la misión del diodo zener será realizar un estabilizador de tensión, podemos tomar como $I_Z(min)$ la mínima corriente que nos asegure que la tensión v_Z sea aproximadamente constante (en la zona de ruptura), de manera que una variación en i_Z se corresponda con una variación muy pequeña de v_Z. Con esta idea, podemos ver en la gráfica que $I_Z(min) = 30\ mA$; también vemos que $v_Z(min) = 4{,}8V$.

2)



Realizando una aprox. lineal en ruptura, el modelo del zener será:



$$\boxed{v_Z = V_Z + R_Z \cdot i_Z}$$

Para realizar la aprox. lineal, calculamos la expresión de la recta que pasa por dos puntos de la zona de ruptura:

$$\frac{v_Z - v_{Z1}}{i_Z - i_{Z1}} = \frac{v_{Z2} - v_{Z1}}{i_{Z2} - i_{Z1}}$$

por ejemplo:

$$(v_{Z1}, i_{Z1}) = (V_{Z(min)}, I_{Z(min)}) = (4'8V, 30mA)$$

$$(v_{Z2}, i_{Z2}) = (5'2V, 180mA)$$

con lo que obtenemos la expresión:

$$v_Z = 4,72V + 2,67\Omega \cdot i_Z .$$

Comparando con la expresión $v_Z - i_Z$ del modelo, tendremos:

$$\boxed{\begin{aligned} V_Z &= 4,72V \\ R_Z &= 2,67\Omega \end{aligned}}$$

3) Para calcular $I_{Z(máx)}$, sabemos que $P_{Z(máx)} = 1W$. Además:

$$\left.\begin{aligned} P_{Z(máx)} &= (v_Z \cdot i_Z)_{máx} . \\ \text{En ruptura: } \quad v_Z &= 4,72V + 2,67\Omega \cdot i_Z \end{aligned}\right\} \; P_{Z(máx)} = (4,72 \cdot i_Z + 2,67 \cdot i_Z^2)_{máx} \Rightarrow$$

$\Rightarrow P_{Z(máx)} = 4,72 \cdot I_{Z(máx)} + 2,67 I_{Z(máx)}^2 = 1W$. Resolviendo se obtiene:

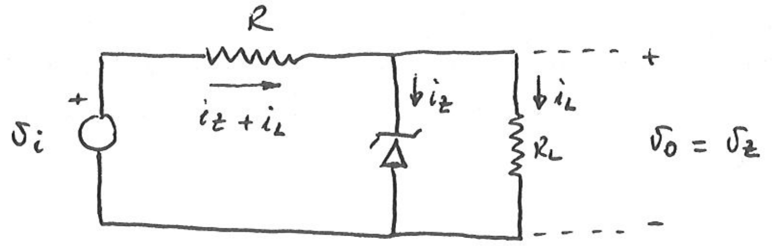
$$I_{Z(máx)} = \begin{cases} +191,2mA \\ -1,961A \end{cases}$$

Pero en ruptura, tenemos que $i_Z > I_{Z(min)} = 30mA$

$$\boxed{I_{Z(máx)} \simeq 191mA}$$

Además, con $I_{Z(máx)} = 191mA$, se puede ver que $V_{Z(máx)} = 5,23V$

4)



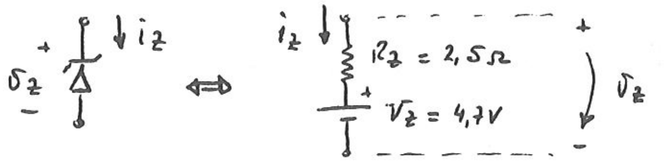
Datos: $v_i = 15V \pm 2V$; $R_L = 100\,\Omega = \text{cte}$

Zener: $V_Z = 4{,}7V$; $R_Z = 2{,}5\,\Omega$; $I_{Z(min)} = 20\,mA$; $I_{Z(máx)} = 200\,mA$

Analizando el circuito obtenemos:

$$\left.\begin{aligned} \frac{v_i - v_Z}{R} = i_Z + i_L \Rightarrow i_Z = \frac{v_i - v_Z}{R} - i_L \\ i_L = \frac{v_0}{R_L} = \frac{v_Z}{R_L} \end{aligned}\right\} \quad i_Z = \frac{v_i - v_Z}{R} - \frac{v_Z}{R_L} \qquad (1)$$

Si el zener ha de estabilizar correctamente $\Rightarrow$ zener en ruptura:



$$v_Z = 4{,}7V + 2{,}5\,\Omega \cdot i_Z \qquad (2)$$

$$(I_{Z(min)} \leq i_Z \leq I_{Z(máx)})$$

Para una regulación correcta se tiene que: $I_{Z(min)} \leq i_Z \leq I_{Z(máx)}$;

de (2) se obtiene que:

$$i_Z = I_{Z(min)} = 20\,mA \Rightarrow v_Z = V_{Z(min)} = 4{,}7V + 2{,}5\,\Omega \cdot 20\,mA = 4{,}75V$$

$$i_Z = I_{Z(máx)} = 200\,mA \Rightarrow v_Z = V_{Z(máx)} = 4{,}7V + 2{,}5\,\Omega \cdot 200\,mA = 5{,}2V$$

Entonces los casos más desfavorables se obtendrán de (1):

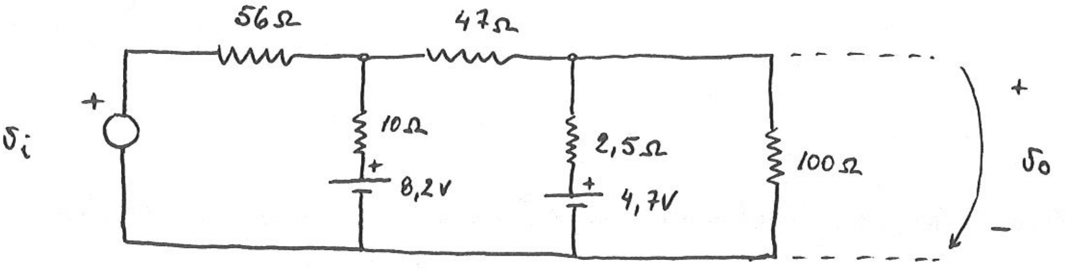
$$I_{Z(min)} = \frac{V_{i(min)} - \overset{4{,}75V}{V_{Z(min)}}}{R_{(máx)}} - \frac{V_{Z(min)}}{R_{L(min)}}$$

$$I_{Z(máx)} = \frac{V_{i(máx)} - \overset{5{,}2V}{V_{Z(máx)}}}{R_{(min)}} - \frac{V_{Z(máx)}}{R_L}$$

$$R(\text{máx}) = \frac{V_i(\text{mín}) - V_Z(\text{mín})}{I_Z(\text{mín}) + \dfrac{V_Z(\text{mín})}{R_L}} = \frac{13\,V - 4{,}75\,V}{20\,mA + \dfrac{4{,}75\,V}{100\,\Omega}} = 122{,}2\,\Omega$$

$$R(\text{mín}) = \frac{V_i(\text{máx}) - V_Z(\text{máx})}{I_Z(\text{máx}) + \dfrac{V_Z(\text{máx})}{R_L}} = \frac{17\,V - 5{,}2\,V}{200\,mA + \dfrac{5{,}2\,V}{100\,\Omega}} = 46{,}8\,\Omega$$

5) Puesto que se nos asegura que los diodos zener trabajan en ruptura, sustituimos los diodos por sus modelos equivalentes aprox. en ruptura, quedando el siguiente circuito equivalente:



Entonces se trata de analizar este circuito para obtener:

$\left.\begin{array}{l} v_o(\text{máx}) \\ v_o(\text{mín}) \end{array}\right\} \Rightarrow$ tensión de rizado $= \Delta v_o = v_o(\text{máx}) - v_o(\text{mín})$.

Analizando el circuito se obtiene:

$v_i = v_i(\text{máx}) = 17V \Rightarrow v_o = v_o(\text{máx}) = 4{,}7937\,V$

$v_i = v_i(\text{mín}) = 13V \Rightarrow v_o = v_o(\text{mín}) = 4{,}7682\,V$

El rizado de la tensión de salida será:

$$\Delta v_o = 4{,}7937V - 4{,}7682V = 25{,}5\,mV \text{ pico a pico}$$

(Se observa que el rizado es unas 4 veces menor que el rizado obtenido con el circuito del apartado 4).

Prob. 2 Feb. 96

1)

RCE: $V_{BB} = R_B I_B + V_{BE}$

RCS: $v_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$

a) **Suponer BJT en corte** $\Rightarrow \begin{cases} I_B = 0,\ I_C = 0 & (1) \\ V_{BE} < V_{BEact} & (2) \end{cases}$

(1) → RCE: $V_{BE} = V_{BB} = 5V$

No se cumple (2) ⇒ BJT <u>no</u> en corte

b) **Suponer BJT en activa** $\Rightarrow \begin{cases} V_{BE} = V_{BEact},\ I_C = h_{FE} \cdot I_B & (3) \\ I_B > 0,\ V_{CE} > V_{CEsat} & (4) \end{cases}$

(3) → RCE: $I_B = \dfrac{V_{BB} - V_{BEact}}{R_B} = 0{,}215\ mA \overset{(4)}{>} 0$ OK! (5)

(3), (5) → RCS: $V_{CE} = v_{CC} - 8{,}6V \overset{(4)}{>} V_{CEsat} \Rightarrow v_{CC} > 8{,}6V$

c) **Suponer BJT en saturación** $\Rightarrow \begin{cases} V_{BE} = V_{BEact},\ I_C = I_{Csat},\ V_{CE} = V_{CEsat} & (6 \\ I_B > 0,\ h_{FE} \cdot I_B > I_{Csat} & (7) \end{cases}$

(6) → RCE: $I_B = 0{,}215\, mA \overset{(7)}{>} 0$ OK! (8)

(6) → RCS: $v_{CC} = R_C I_{sat} + V_{CEsat} \rightarrow I_{Csat} = \dfrac{v_{CC}}{R_C}$ (9)

(8), (9) → (7): $v_{CC} < 8{,}6V$

Finalmente:

$v_{CC} = 15 \cdot |\sin \omega t|\ V$

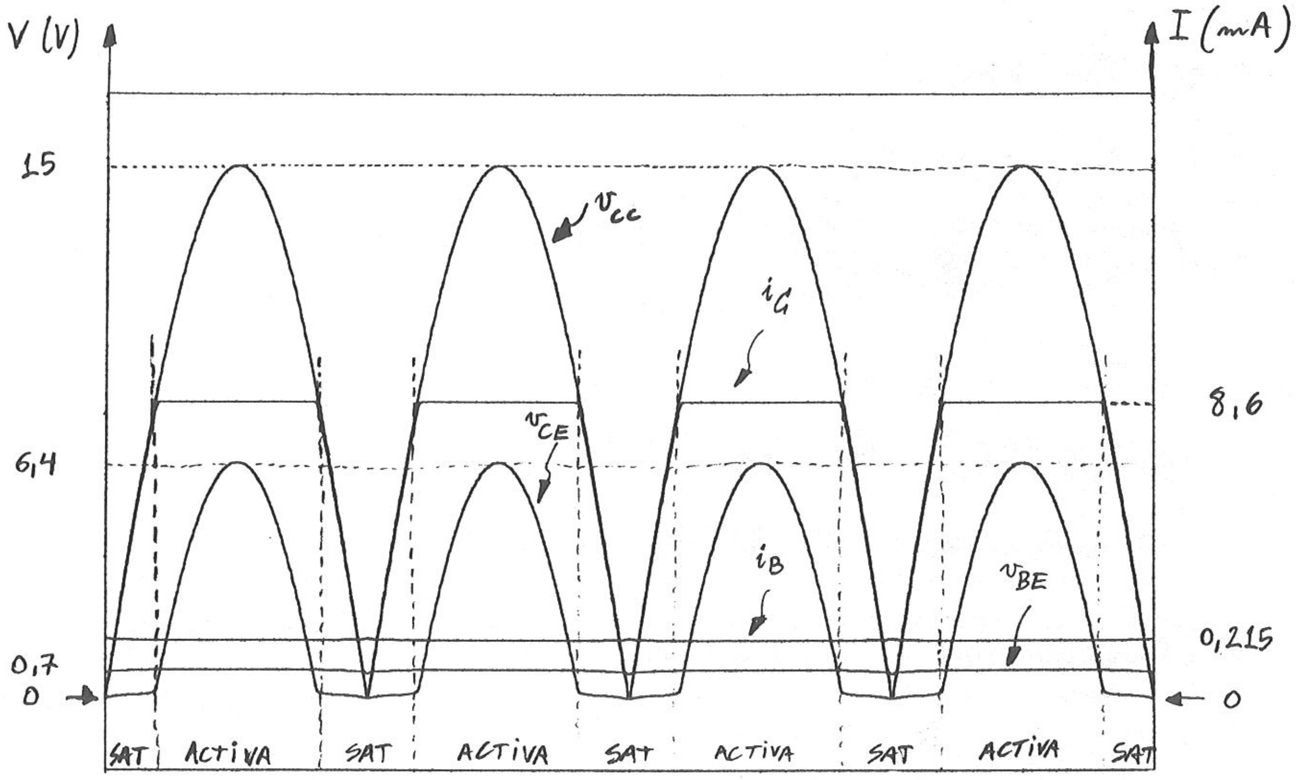
⇓

$0 \leq v_{CC} \leq 15V$

⇝

$0 \leq v_{CC} < 8{,}6V$	BJT SATURACIÓN
$8{,}6V < v_{CC} \leq 15V$	BJT ACTIVA

2)



	ACTIVA	SATURACIÓN
i_B	215 μA	215 μA
v_{BE}	0,7 V	0,7 V
i_C	8,6 mA	$15 \cdot \lvert \sin wt \rvert$ mA
v_{CE}	$15 \cdot \lvert \sin wt \rvert$ V − 8,6 V	0 V

E7

HOJA DE RESPUESTA TEST

JUNIO 1996 ELE7 1er CUATRIMESTRE

APELLIDOS: ______________________ ______________________

NOMBRE: ______________________ D.N.I: ______________

OBSERVACIONES:

1.- Marcar con un círculo la respuesta considerada correcta.
2.- Para anular una respuesta superponer una X al círculo.
3.- Cualquier otra marca provocará que la respuesta sea considerada errónea.
4.- Cada respuesta errónea descontará 1/4 del valor de cada pregunta.
5.- TIEMPO: 60 minutos.
6.- PUNTUACION: 4 puntos.

PREGUNTA 1	A	B	(C)	D
PREGUNTA 2	A	B	(C)	D
PREGUNTA 3	A	B	(C)	D
PREGUNTA 4	A	B	(C)	D
PREGUNTA 5	(A)	B	C	D
PREGUNTA 6	(A)	B	C	D

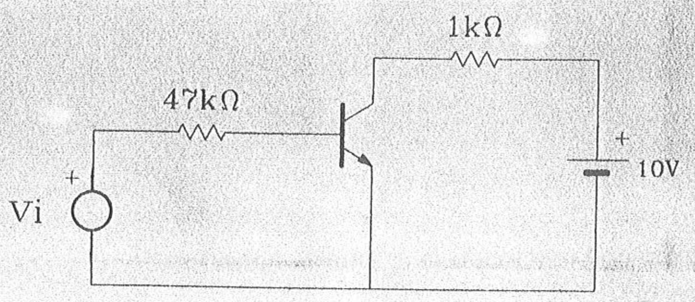
Código de prueba 5386481

PREGUNTA 1

En el siguiente circuito con BJT, la tensión de entrada v_i sólo puede adoptar dos valores:

– Un nivel bajo de tensión: V_{IL}

– Un nivel alto de tensión: V_{IH}



Datos:

$V_{BE(act)} = 0{,}7V$

$V_{CE(sat)} = 0{,}5V$

$h_{FE} = \beta = 100$

Indicar qué par de valores de tensión de entrada asegurarán que el transistor esté en corte (cuando $v_i = V_{IL}$), y en saturación (cuando $v_i = V_{IH}$):

a) $V_{IL} = 0{,}5V$ y $V_{IH} = 3{,}5V$

b) $V_{IL} = 5{,}5V$ y $V_{IH} = 10V$

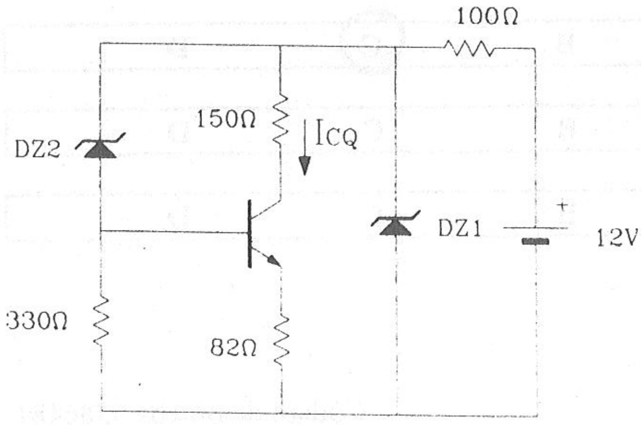
c) $V_{IL} = 0{,}5V$ y $V_{IH} = 10V$

d) Son correctos los valores de **a)** y **c)**

PREGUNTA 2

En el siguiente circuito los diodos zener (supuestos ideales) trabajan en ruptura y el BJT en activa.

Hallar el valor de la corriente de colector I_{CQ}.



Datos:

$V_{Z1} = 8{,}2V$

$V_{Z2} = 5{,}6V$

$h_{FE} = \beta = 200$

$V_{BE(act)} = 0{,}7V$

a) $I_{CQ} = 8mA$

b) $I_{CQ} = 15mA$

c) $I_{CQ} = 23mA$

d) $I_{CQ} = 40mA$

$\frac{4}{6} = 0'667 \times 4$

PREGUNTA 1

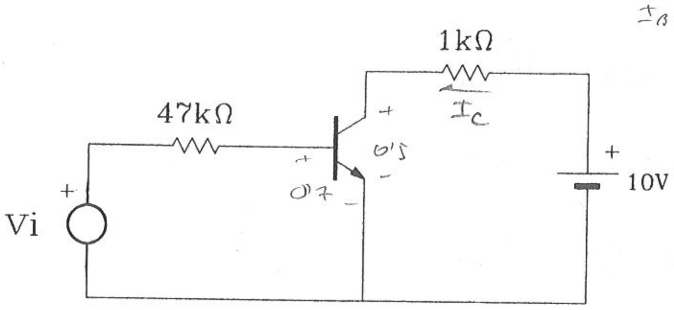
En el siguiente circuito con BJT, la tensión de entrada v_i sólo puede adoptar dos valores:

– Un nivel bajo de tensión: V_{IL}

– Un nivel alto de tensión: V_{IH}

$I_C = \frac{10 - 0'5}{1000} = \frac{9'5}{1k} = 9'5\,mA$

$I_B = \frac{V_i - 0'7}{47k} = \frac{I_C}{\beta} = \frac{9'5}{100 \cdot 1k}$



Datos:

$V_{BE(act)} = 0{,}7V$

$V_{CE(sat)} = 0{,}5V$

$h_{FE} = \beta = 100$

Indicar qué par de valores de tensión de entrada asegurarán que el transistor esté en corte (cuando $v_i = V_{IL}$), y en saturación (cuando $v_i = V_{IH}$):

a) $V_{IL} = 0{,}5V$ y $V_{IH} = 3{,}5V$

b) $V_{IL} = 5{,}5V$ y $V_{IH} = 10V$

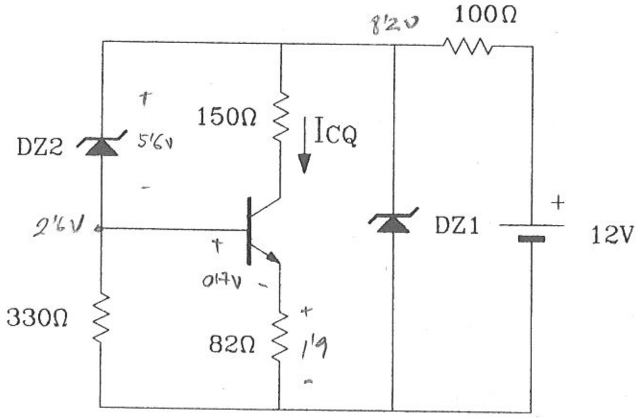
c) $V_{IL} = 0{,}5V$ y $V_{IH} = 10V$

d) Son correctos los valores de **a)** y **c)**

PREGUNTA 2

En el siguiente circuito los diodos zener (supuestos ideales) trabajan en ruptura y el BJT en activa.

Hallar el valor de la corriente de colector I_{CQ}.



Datos:

$V_{Z1} = 8{,}2V$

$V_{Z2} = 5{,}6V$

$h_{FE} = \beta = 200$

$V_{BE(act)} = 0{,}7V$

a) $I_{CQ} = 8mA$

b) $I_{CQ} = 15mA$

c) $I_{CQ} = 23mA$

d) $I_{CQ} = 40mA$

$I_{EQ} = \frac{1'9}{82} = 2'31 \cdot 10^{-2}\,A$

$I_{CQ} = 2'3 \cdot 10^{-2}\,A$

$I_E = I_B + I_C$, $I_C = \beta I_B$ ~ $I_B = \frac{I_C}{\beta}$

$I_E = \left(\frac{1}{\beta} + 1\right) I_C$, $\frac{\beta+1}{\beta}$

$I_C = I_E \frac{\beta}{\beta+1}$

PREGUNTA 3

Un semiconductor intrínseco se ha dopado con impurezas donadoras $\left(N_d = 3 \cdot 10^{10}\ cm^{-3}\right)$ y aceptadoras $\left(N_a = 2 \cdot 10^{3}\ cm^{-3}\right)$. Si a temperatura ambiente la concentración intrínseca toma el valor $n_i = 1{,}6 \cdot 10^{10}\ cm^{-3}$, entonces la concentración de electrones y huecos es:

a) $n = 6{,}93 \cdot 10^{9}\ cm^{-3}$ y $p = 1{,}52 \cdot 10^{10}\ cm^{-3}$.

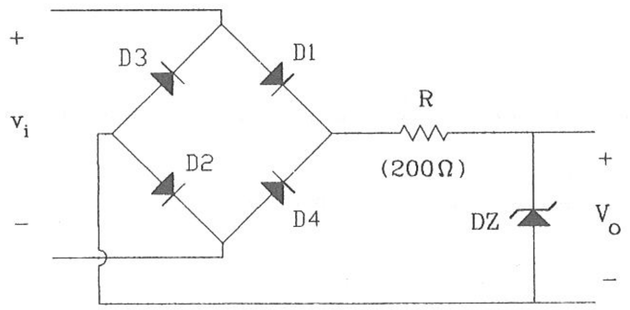
b) $n = 3 \cdot 10^{10}\ cm^{-3}$ y $p = 8{,}53 \cdot 10^{9}\ cm^{-3}$.

c) $n = 3{,}69 \cdot 10^{10}\ cm^{-3}$ y $p = 6{,}93 \cdot 10^{9}\ cm^{-3}$.

d) $n = p = 1{,}6 \cdot 10^{10}\ cm^{-3}$.

PREGUNTA 4

Indicar la afirmación correcta sobre el circuito de la figura, teniendo en cuenta que los diodos son ideales y la tensión de ruptura del zener es de 10V.



a) La tensión de salida del circuito puede ser positiva o negativa, dependiendo del signo de la tensión de entrada.

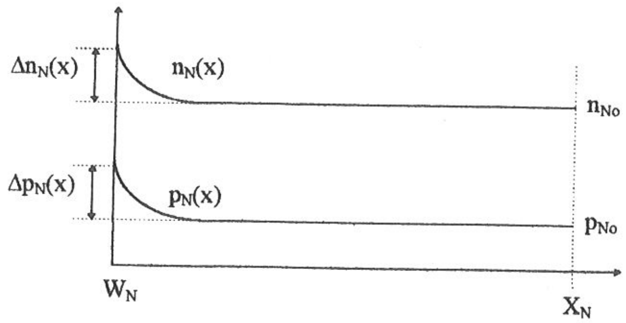
b) El zener disipa 2W cuando la tensión de entrada es de $v_i = -10V$.

c) La función de transferencia del circuito tiene un tramo con pendiente negativa.

d) El diodo zener entra en ruptura únicamente cuando $v_i > 10V$.

PREGUNTA 5

La región neutra N de una unión PN abrupta, presenta la distribución de portadores que muestra la figura:



Indicar la respuesta falsa:

a) Las corrientes de difusión y de arrastre de electrones en $x=x_N$ coinciden.

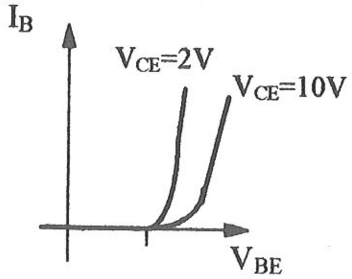
b) Los excesos de huecos y de electrones en $x=w_N$ coinciden.

c) El potencial eléctrico a lo largo de la zona neutra N permanece constante.

d) La suma de las corrientes de arrastre y difusión de electrones y huecos en cualquier punto de la zona neutra N permanece constante.

PREGUNTA 6

La siguiente gráfica corresponde a la característica de entrada de un transistor bipolar NPN:



Indicar cuál de las siguientes respuestas es correcta:

a) $h_{re}>0$

b) $h_{ie}=0$

c) $h_{re}<0$

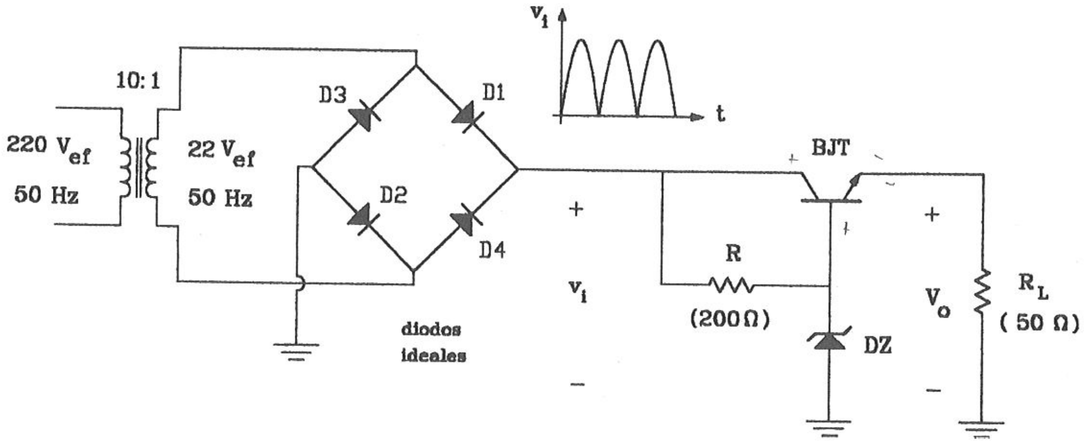
d) $h_{ie}<0$

ESCOLA UNIVERSITARIA POLITECNICA DE VILANOVA I LA GELTRU	
EXAMEN DE ELECTRONICA FUNCIONES	JUNIO 1996 1er CUATRIMESTRE

PROBLEMA 1 *(6 puntos)*

La función del condensador de filtrado en una fuente de alimentación es eliminar la componente alterna de la tensión de salida del rectificador. En la práctica sólo es posible reducir esta componente, lo que hace necesario incluir un regulador de tensión.

En este problema se trata de comprobar la necesidad del condensador de filtrado en una fuente de alimentación, que incluye un regulador de tensión basado en un transistor bipolar y un diodo zener.



Zener: $V_Z = 11V$, $P_Z = 2W$. **BJT:** $V_{BEact} = 0{,}7V$, $V_{CEsat} = 0{,}2V$, $h_{FE} = 50$.

Para ello se pide sobre el circuito de la figura:

1.- Expresar en función de la tensión v_i el punto de trabajo del transistor bipolar (I_B, V_{BE}, I_C, V_{CE}) y del diodo zener (V_Z, I_Z) así como la tensión de salida (V_o), suponiendo que estos dispositivos se encuentran polarizados en zona activa y en ruptura, respectivamente.

2.- Al disminuir v_i la tensión entre colector y emisor y la corriente del zener disminuyen. Cuando dicha tensión alcanza el valor $v_{ichange}$ uno de los dos dispositivos abandona la zona de funcionamiento supuesta en el apartado anterior. Obtener el valor de esta tensión ($v_{ichange}$).

3.- Expresar en función de la tensión v_i el punto de trabajo del transistor y del zener y la tensión de salida, cuando la tensión de entrada del regulador está comprendida en el siguiente margen: $0{,}7V < v_i < v_{ichange}$.

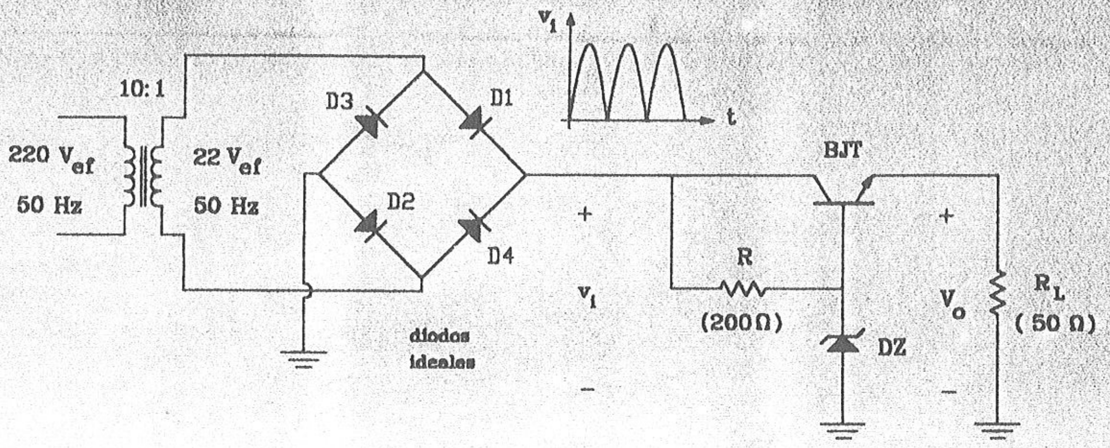
4.- Representar gráficamente la evolución temporal de las tensiones v_i y V_o, indicando sobre las mismas los valores de interés. Para ello, téngase en cuenta que una vez que la tensión de entrada del regulador es inferior a 0,7V el transistor y el zener se encuentran polarizados ambos en la región de corte.

ESCOLA UNIVERSITARIA POLITECNICA DE VILANOVA I LA GELTRU	
EXAMEN DE ELECTRONICA FUNCIONES	JUNIO 1996 1er CUATRIMESTRE

PROBLEMA 1 *(6 puntos)*

La función del condensador de filtrado en una fuente de alimentación es eliminar la componente alterna de la tensión de salida del rectificador. En la práctica sólo es posible reducir esta componente, lo que hace necesario incluir un regulador de tensión.

En este problema se trata de comprobar la necesidad del condensador de filtrado en una fuente de alimentación, que incluye un regulador de tensión basado en un transistor bipolar y un diodo zener.



Zener: $V_Z = 11V$, $P_Z = 2W$. **BJT:** $V_{BEact} = 0{,}7V$, $V_{CEsat} = 0{,}2V$, $h_{FE} = 50$.

Para ello se pide sobre el circuito de la figura:

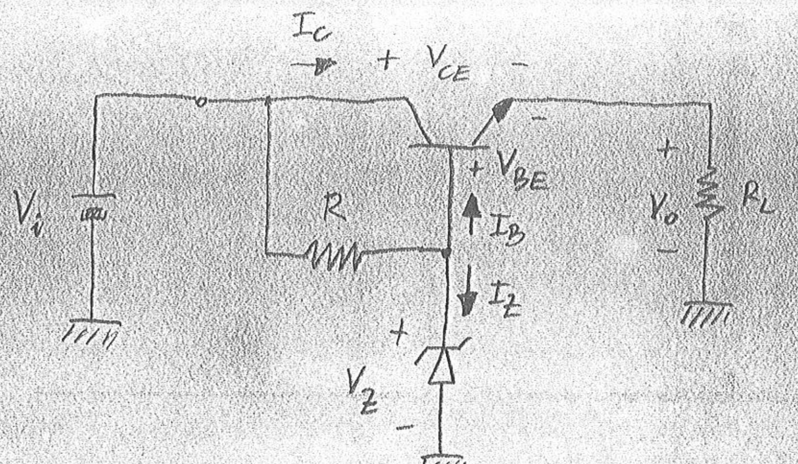
1.- Expresar en función de la tensión v_i el punto de trabajo del transistor bipolar (I_B, V_{BE}, I_C, V_{CE}) y del diodo zener (V_Z, I_Z) así como la tensión de salida (V_o), suponiendo que estos dispositivos se encuentran polarizados en zona activa y en ruptura, respectivamente.

2.- Al disminuir v_i la tensión entre colector y emisor y la corriente del zener disminuyen. Cuando dicha tensión alcanza el valor $v_{ichange}$ uno de los dos dispositivos abandona la zona de funcionamiento supuesta en el apartado anterior. Obtener el valor de esta tensión ($v_{ichange}$).

3.- Expresar en función de la tensión v_i el punto de trabajo del transistor y del zener y la tensión de salida, cuando la tensión de entrada del regulador está comprendida en el siguiente margen: $0{,}7V < v_i < v_{ichange}$.

4.- Representar gráficamente la evolución temporal de las tensiones v_i y V_o, indicando sobre las mismas los valores de interés. Para ello, téngase en cuenta que una vez que la tensión de entrada del regulador es inferior a 0,7V el transistor y el zener se encuentran polarizados ambos en la región de corte.

1er Cuatrimestre



(1) $V_i = R(I_Z + I_B) + V_Z$

(2) $V_i = V_{CE} + V_o$

(3) $V_Z = V_{BE} + V_o$

(4) $V_o = R_L(I_C + I_B)$

1) Suponer BJT ACTIVA $\begin{cases} \boxed{V_{BE} = 0{,}7\,V} & (5) \quad , \quad I_B > 0 \\ I_C = h_{FE} \cdot I_B & (6) \quad , \quad V_{CE} > V_{CEsat} \end{cases}$

y ZENER RUPTURA $\begin{cases} \boxed{V_Z = 11\,V} & (7) \\ I_Z > 0 \end{cases}$

Sustituyendo (5), (6) y (7) en (1), (2), (3) y (4) se obtiene:

$I_B = 4{,}04\,mA$	$V_{CE} = V_i - 10{,}3\,V$	$V_o = 10{,}3\,V$
$I_C = 202\,mA$	$I_Z = \dfrac{V_i}{200\Omega} - 59{,}04\,mA$	

2) Comprobamos [illegible] y ZENER [illegible]:

* BJT ACTIVA si:

$I_B = 4{,}04\ mA > 0$ OK!

$V_{CE} = V_i - 10{,}3V > V_{CEsat} \Rightarrow V_i > 10{,}5V$

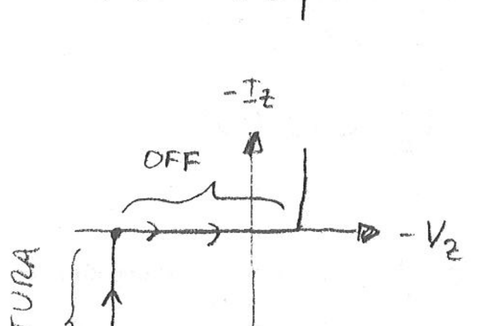
* ZENER RUPTURA si:

$$I_Z = \frac{V_i}{200\ \Omega} - 59{,}04\ mA > 0 \Rightarrow V_i > 11{,}81V$$

Por tanto, el BJT y el ZENER permanecerán polarizados en ACTIVA y ruptura siempre que $V_i > 11{,}81V$ ($= V_{ichange}$)

BJT deja de estar en Activa.

3) Una vez que la tensión Vi es inferior a Vichange el zener deja de estar polarizado en ruptura y entra en zona inversa (OFF):



$$\begin{cases} V_Z < 11\ V \\ \boxed{I_Z = 0} \end{cases} \quad (8)$$

Ahora se considerará que para el margen de Vi

$0,7V < V_i < V_{i\,change}$, el BJT está polarizado en

ACTIVA y el ZENER en OFF.

En este caso, sustituyendo (5), (6) y (8) en (1), (2), (3) y (4) se obtiene:

$$I_B = \frac{V_i - 0,7V}{2,75K\Omega} \qquad V_{BE} = 0,7V$$

$$I_C = \frac{V_i - 0,7V}{55\Omega} \qquad V_{CE} = 0,073 \cdot v_i + 0,65V$$

$$V_Z = 0,93 \cdot v_i + 0,05V \qquad V_o = 0,93 \cdot V_i - 0,65V$$

Nótese como para el margen de Vi mencionado:

$$I_B > 0 \,, \quad V_{CE} > V_{CEsat} \,, \quad 0 < V_Z < 11V$$

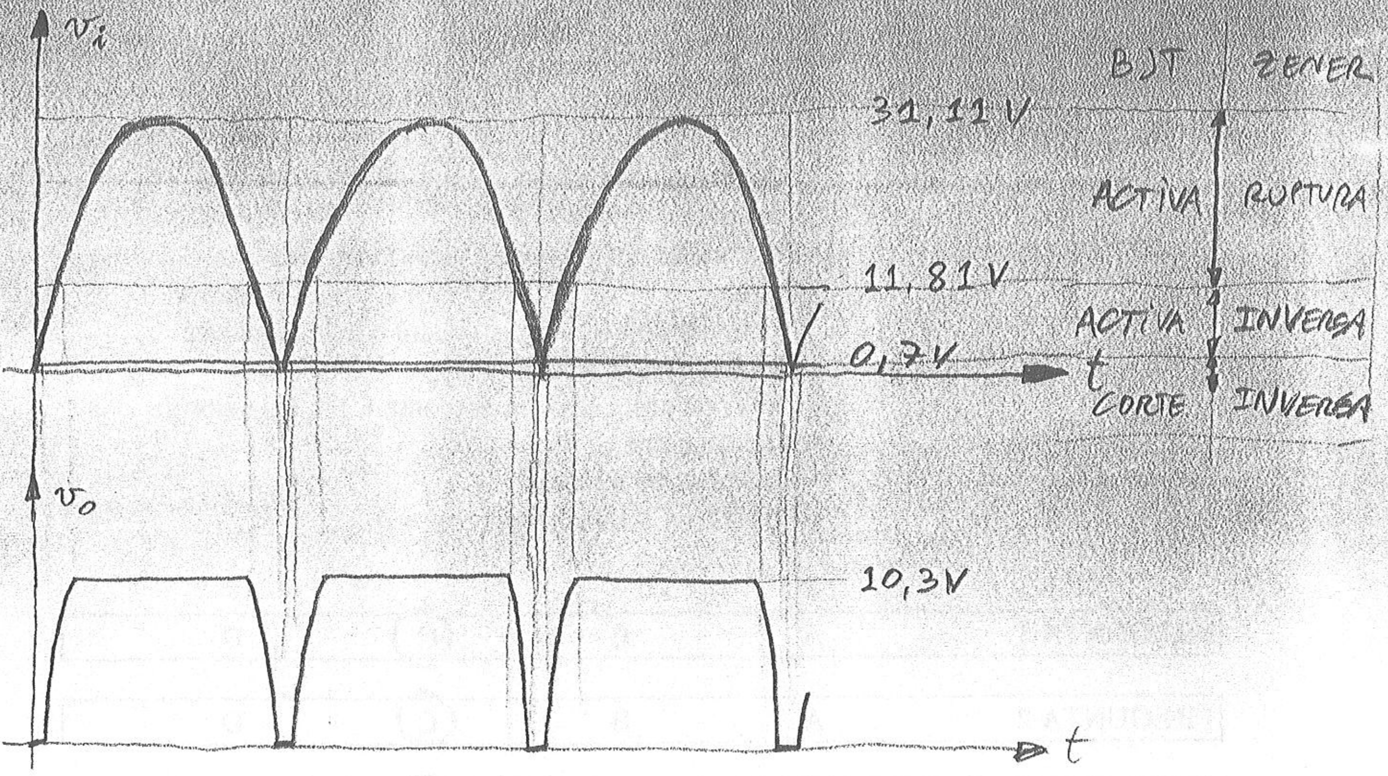
y en consecuencia tanto las zonas de funcionamiento supuestas como el punto de trabajo obtenido son correctos.

4)

Si: $0 \leq v_i \leq 0.7V \Rightarrow$ [illegible] $\Rightarrow I_B = I_C = 0$

ZENER INVERSA $\quad I_Z = 0$

$\Rightarrow V_o = 0V$



Nótese como una vez que la entrada es inferior a 11,81V la tensión de salida deja de ser constante, y en consecuencia la fuente de alimentación deja de actuar correctamente.

E8

HOJA DE RESPUESTA TEST

JUNIO 1996 2º CUATRIMESTRE

APELLIDOS: ______________________

NOMBRE: ______________________ **D.N.I:** ______________

OBSERVACIONES:

1.- Marcar con un círculo la respuesta considerada correcta.
2.- Para anular una respuesta superponer una X al círculo.
3.- Cualquier otra marca provocará que la respuesta sea considerada errónea.
4.- Cada respuesta errónea descontará 1/4 del valor de cada pregunta.
5.- TIEMPO: 60 minutos.
6.- PUNTUACION: 3,5 puntos.

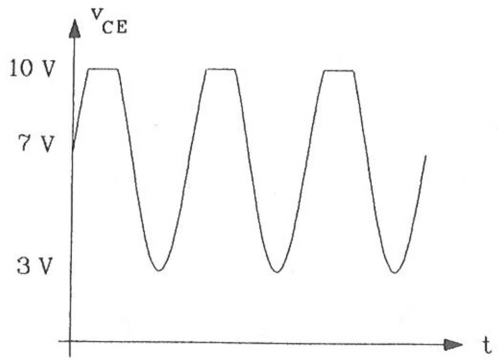
PREGUNTA 1	A	B	(C)	D
PREGUNTA 2	A	B	(C)	D
PREGUNTA 3	A	B	(C)	D
PREGUNTA 4	A	(B)	C	D
PREGUNTA 5	A	(B)	C	D
PREGUNTA 6	A	B	(C)	D

Código de prueba 5386481

3'5/6 = 0'583 x5

PREGUNTA 1

Indicar la afirmación correcta sobre un amplificador monoetapa en configuración emisor común con condensador en emisor, que presenta una tensión entre colector y emisor en saturación de 1V.



a) El margen dinámico de saturación de la tensión visualizada es de 4Vp.

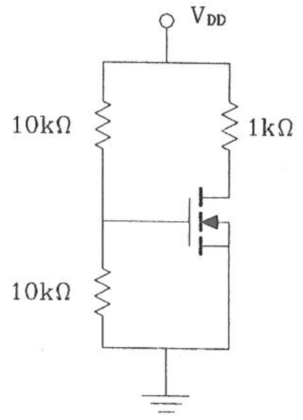
b) El margen dinámico de saturación de la tensión visualizada es de 3Vp.

c) La tensión de alimentación es mayor que 10V.

d) La máxima excursión simétrica de la tensión entre colector y emisor es de 9Vpp.

PREGUNTA 2

Indicar cuál de los siguientes valores de V_{DD} es el máximo que polariza al MOSFET en saturación:



Datos:
I_{DSS} = 10mA
V_P = 4V

a) V_{DD} = 6,7V

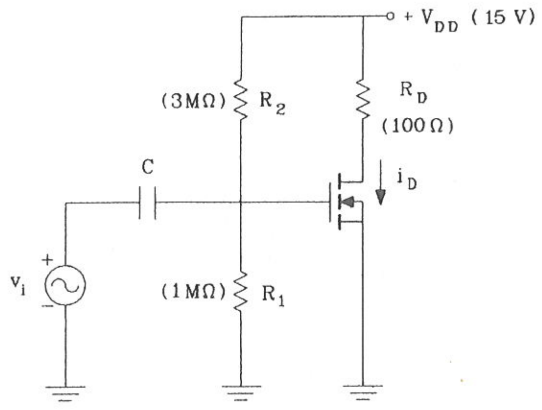
b) V_{DD} = 5V

c) V_{DD} = 16,9V

d) V_{DD} = 18,6V

PREGUNTA 3

Indicar el valor de la componente total de la corriente de drenador del MOSFET de la figura $\left(I_{DSS} = 5mA,\ V_p = 2V,\ r_{ds} = \infty\right)$, si se sabe que la fuente de señal tiene la forma $v_i = 5mV \cdot \sin(wt)$.



a) 41,33 mA + 5,2 mA · sin(wt)

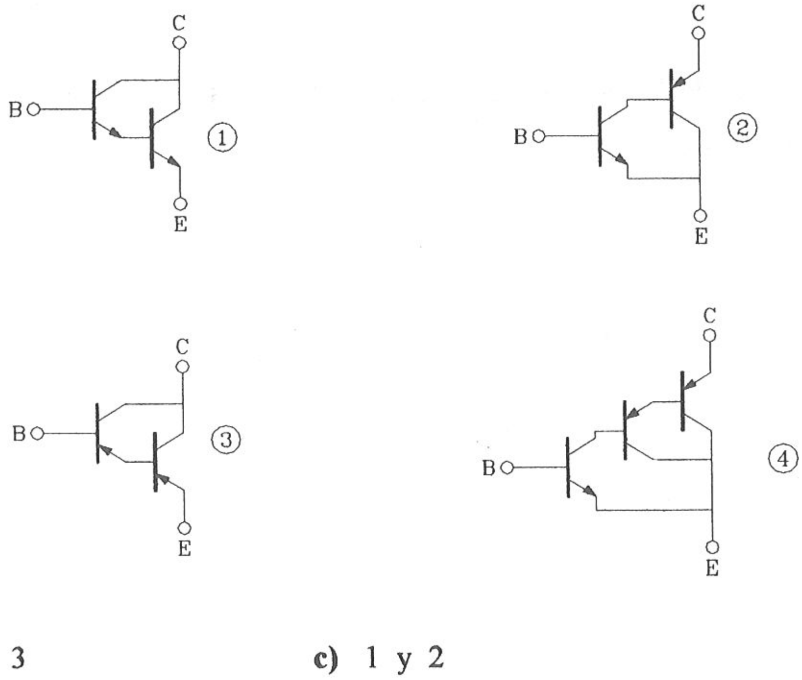
b) 41,33 mA – 5,1 mA · sin (wt)

c) 3,83 mA + 21,9 µA · sin(wt)

d) 3,83 mA + 14,8 µA · sin (wt)

PREGUNTA 4

¿Cuál (o cuáles) de las siguientes estructuras presentan un comportamiento equivalente a un BJT tipo NPN?



a) 1 , 2, y 3

b) 1 , 2, y 4

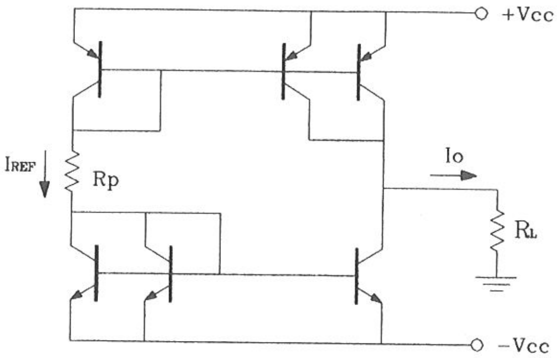
c) 1 y 2

d) Todas.

PREGUNTA 5

El siguiente circuito está realizado con un espejo de corriente de transistores PNP y un espejo de corriente de transistores NPN. Hallar el valor de la corriente de salida (Io):

(Suponer que los BJT PNP son idénticos, y los BJT NPN también son idénticos. Considérense las corrientes de base despreciables frente a las de colector)



a) $I_o = \frac{I_{REF}}{2}$

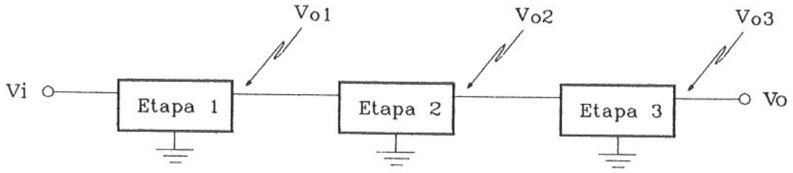
c) $I_o = \frac{2 \cdot I_{REF}}{3}$

b) $I_o = \frac{3 \cdot I_{REF}}{2}$

d) $I_o = -\frac{3 \cdot I_{REF}}{2}$

PREGUNTA 6

Se dispone de un amplificador multietapa constituido por tres etapas distintas, representado en diagrama de bloques en la siguiente figura:



Las características de cada etapa son:

Etapa 1: $\Delta V_{o1(máx)} = 4\,V_{pico}$, $|A_{v1}| = 10$

Etapa 2: $\Delta V_{o2(máx)} = 9\,V_{pico}$, $|A_{v2}| = 5$

Etapa 3: $\Delta V_{o3(máx)} = 10\,V_{pico}$, $|A_{v3}| = 0{,}5$

Indicar cuál será la Máxima Excursión Simétrica de la tensión de salida (v_O) y qué etapa limita dicha Máxima Excursión Simétrica:

a) $\Delta v_{O(máx)} = 10V_{pico}$, limitada por la 3ª etapa.

b) $\Delta v_{O(máx)} = 10V_{pico}$, limitada por la 1ª etapa.

c) $\Delta v_{O(máx)} = 4{,}5V_{pico}$, limitada por la 2ª etapa.

d) $\Delta v_{O(máx)} = 4{,}5V_{pico}$, limitada por la 1ª etapa.

ESCOLA UNIVERSITARIA POLITECNICA DE VILANOVA I LA GELTRU	
EXAMEN DE ELECTRONICA FUNCIONES	JUNIO 1996 2º CUATRIMESTRE

PROBLEMA 1 *(3,5 puntos)*

En el circuito de la figura 1.1 aparecen representados dos amplificadores cuyas salidas están conectadas a los bornes de la resistencia de carga:

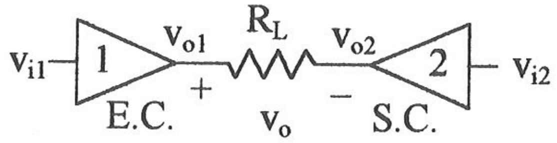


Figura 1.1

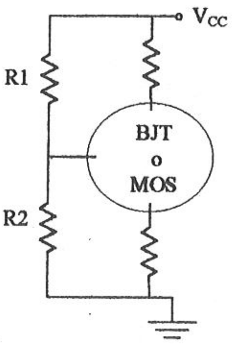


Figura 1.2

Se pide:

1.- Dibujar el esquema electrónico completo (considerando ambos amplificadores), sabiendo que el primero es un emisor común con transistor NPN y el segundo un surtidor común con NMOS de acumulación (enriquecimiento). Utilizar acoplo por condensador en las dos entradas y salidas, y la red de polarización mediante cuatro resistencias como muestra la figura 1.2.

2.- Expresar la ganancia de tensión de los amplificadores por separado (con $R_L=\infty$): $A_{v1} = \frac{v_{o1}}{v_{i1}}$ y $A_{v2} = \frac{v_{o2}}{v_{i2}}$; así como sus impedancias de entrada y salida. Tómese los siguientes valores de los parámetros en pequeña señal de los dispositivos: $h_{re}=0$, $h_{oe}=0$, $r_{ds}=\infty$.

3.- Deseamos que ambos amplificadores tengan ganancias independientes de los parámetros de pequeña señal de los transistores. ¿Utilizaremos condensadores para desacoplar las resistencias de emisor y surtidor?. Justificar la respuesta.

4.- Hallar las impedancias de carga de cada amplificador según se definen en la figura 1.3:

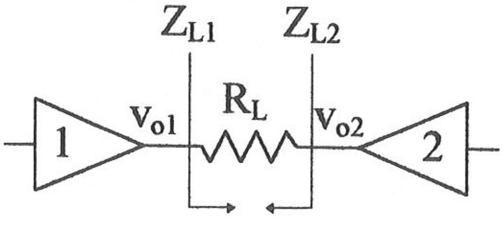


Figura 1.3

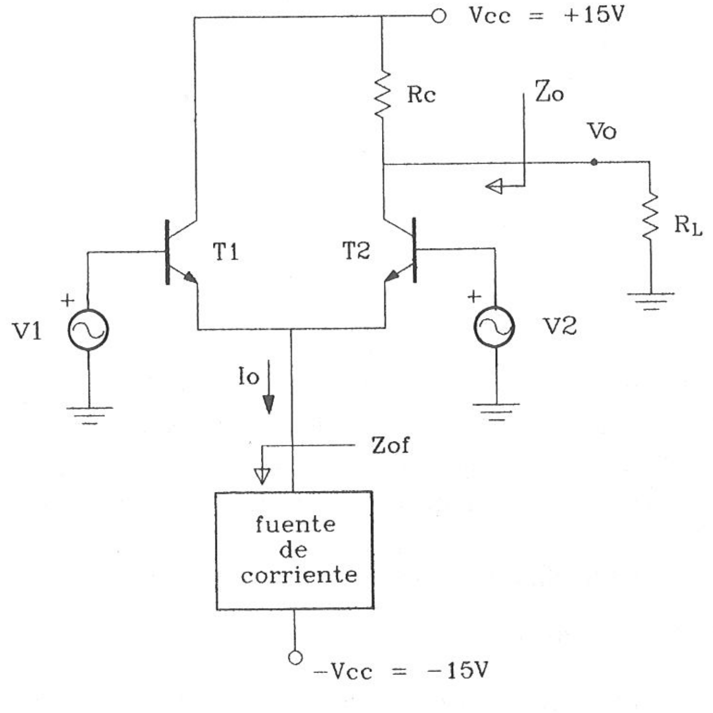
5.- Obtener las expresiones de las ganancias de los amplificadores considerando la resistencia de carga (R_L): $A_{v1} = \left.\frac{v_{o1}}{v_{i1}}\right|_{v_{i2}=0}$ y $A_{v2} = \left.\frac{v_{o2}}{v_{i2}}\right|_{v_{i1}=0}$.

6.- Considerando los datos que se adjuntan, expresar la tensión de salida en función de las dos entradas.

Datos: R_L=1KΩ; BJT: R_1=2KΩ, R_2=2KΩ, R_C=10KΩ, R_E=1KΩ, h_{fe}=100, h_{ie}=2000Ω, h_{re}=0, h_{oe}=0; NMOS: R_1=200KΩ, R_2=200KΩ, R_S=1KΩ, R_D=10KΩ, g_m=50mA/V, $r_{ds}=\infty$.

PROBLEMA 2 *(3 puntos)*

Dado el siguiente amplificador diferencial realizado con BJTs idénticos:



Considerar:

$Vd = V1 - V2$

$Vc = \frac{V1 + V2}{2}$

Se pide:

1.– Razonar cuál es la entrada inversora y la entrada no inversora.

2.– Representar el modelo en señal del amplificador diferencial, indicando claramente las entradas y la salida.

3.– Escribir las expresiones de las impedancias de entrada en modo diferencial y en modo común, la impedancia de salida, y las ganancias diferencial y en modo común con carga (R_L).

(Nota: Z_{of} representa la impedancia de salida de la fuente de corriente)

4.- Suponiendo los siguientes datos:

$$h_{FE} = h_{fe} = 100$$

$$h_{ie} = \frac{25mV}{I_{BQ}}$$

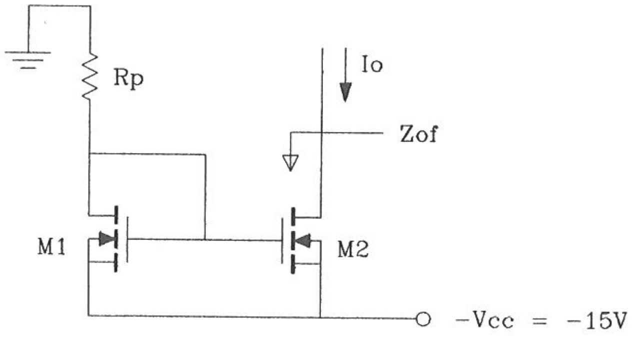
$$r_{oe} \rightarrow \infty$$

$$R_C = 1{,}8k\Omega$$

$$R_L = 2k\Omega$$

hallar el valor de la corriente I_O para que la ganancia diferencial con carga sea $A_D = 100$.

5.- Suponiendo que la fuente de corriente se realiza con el siguiente espejo de corriente:



Datos:

MOSFETs idénticos

$I_{DSS} = 25mA$

$V_P = 4V$

$$r_{ds} = \frac{100V}{I_{DQ}}$$

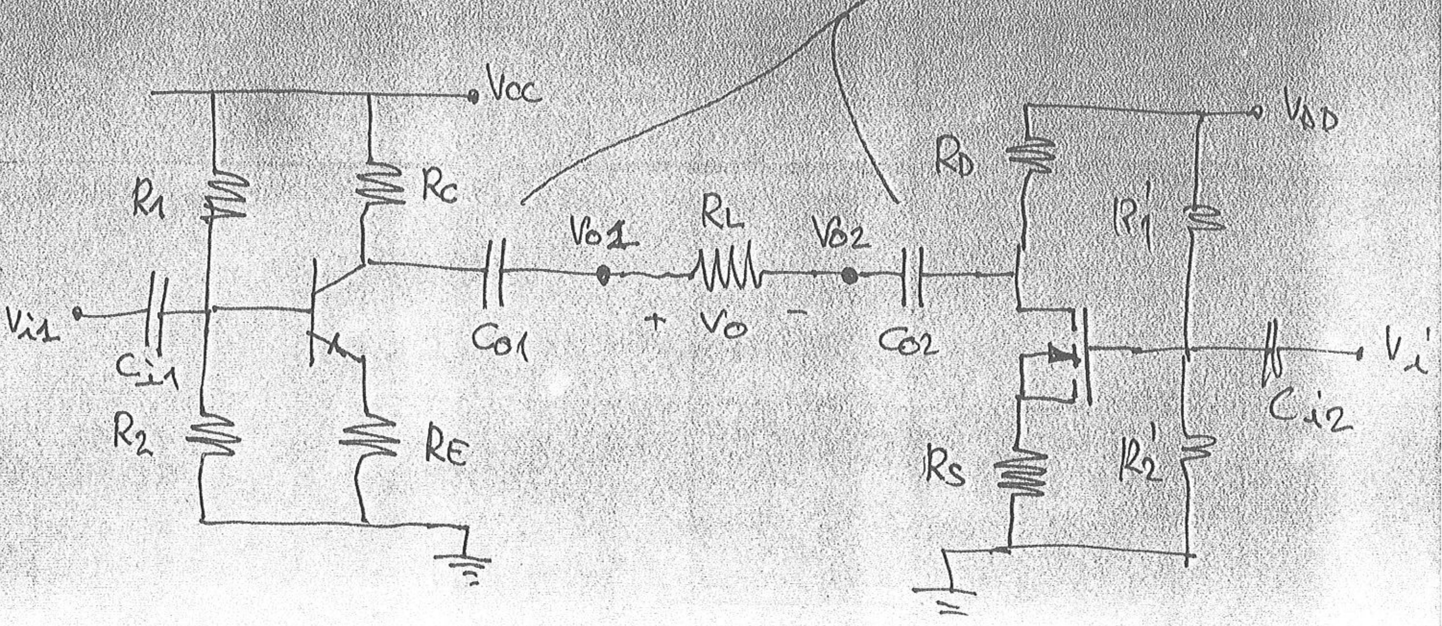
Calcular el valor de Rp para que Io = 10mA. Hallar el valor de la impedancia de salida de la fuente de corriente Z_{of}.

6.- Con los resultados anteriores, determinar los valores de la ganancia en modo común con carga (A_C) y la relación de rechazo en modo común (CMRR).

7.- Razonar brevemente una solución para mejorar (aumentar) la relación de rechazo en modo común.

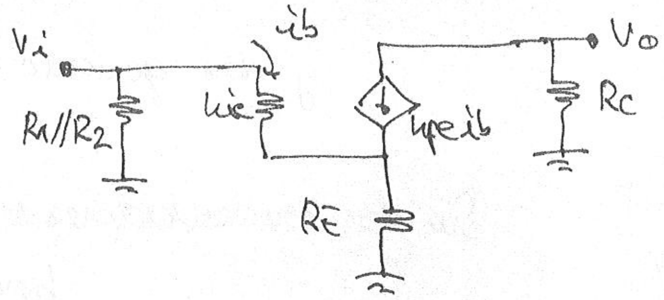
PROBLEMA 1:

(1) Dibujar el esquema completo: con s bastaba



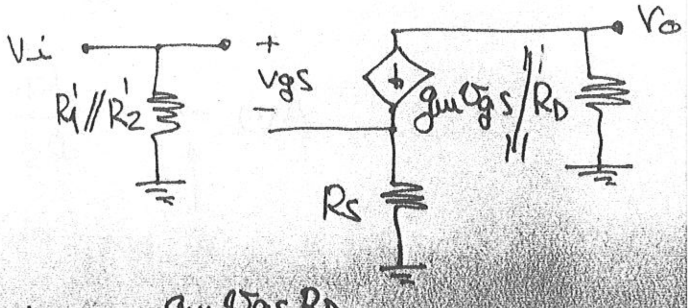
(2) (Demostración no es necesaria)

Expresar A_{v1}, A_{v2}, Z_i's, Z_o's



$$A_{v1} = -\frac{h_{fe} R_C}{h_{ie} + (h_{fe}+1) R_E}$$

$$A_{v1} = \frac{-h_{fe}\, i_b R_C}{i_b \left(h_{ie} + (h_{fe}+1) R_E\right)}$$



$$A_{v2} = -\frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S}$$

$$A_{v2} = \frac{-g_m v_{gs} R_D}{v_{gs} + v_{gs} g_m R_S}$$

$$Z_{i1} = R_1 // R_2 // \left[h_{ie} + R_E (h_{fe}+1) \right]$$

$$Z_{i2} = R_1' // R_2'$$

$$Z_{o1} = R_C$$

$$Z_{o2} = R_D$$

(3) **No.** Si usáramos los condensadores de desacoplo de R_E y R_S nos quedarían:

$$A_{v1} = - \frac{h_{fe} R_C}{h_{ie}} \qquad A_{v2} = - g_m R_D$$

y las ganancias son proporcionales a $\frac{h_{fe}}{h_{ie}}$ y g_m

Sin los condensadores sí podemos obtener independencia:

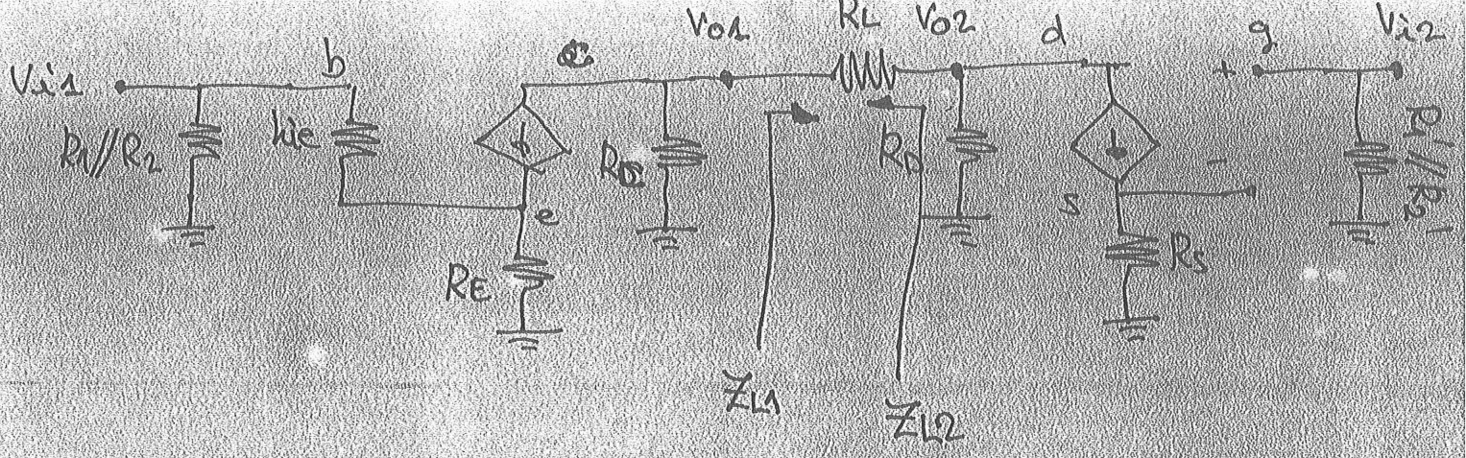
$$A_{v1} = - \frac{h_{fe} R_C}{h_{ie} + (h_{fe}+1) R_E} \simeq - \frac{R_C}{R_E}$$

↑ si por diseño $h_{ie} \ll h_{fe} R_E$

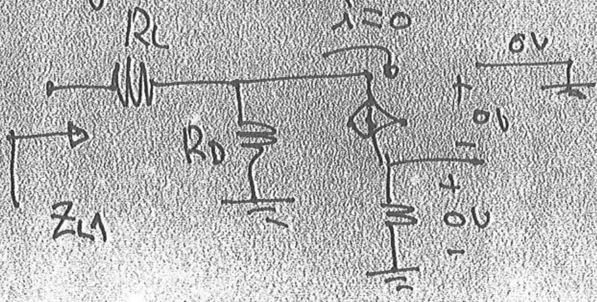
$$A_{v2} \simeq - \frac{R_D}{R_S}$$

↑ si por diseño $g_m R_S \gg 1$

(4) Debemos obtener Z_{L1} y Z_{L2} a partir del circuito equivalente en A.C.:

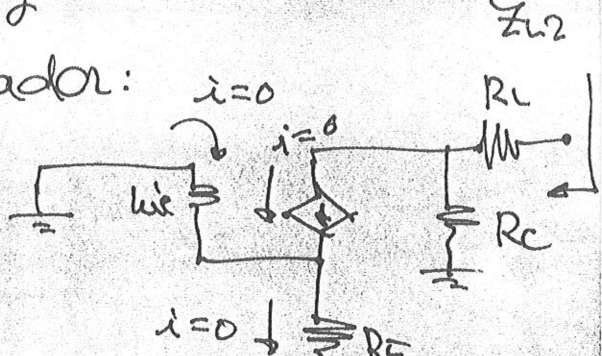


Hallamos Z_{L1} anulando V_{i2} y desconectando el primer amplificador:



$$Z_{L1} = R_L + R_D$$

Hallamos Z_{L2} anulando V_{i1} y desconectando el segundo amplificador:



$$Z_{L2} = R_L + R_C$$

(También hubiera sido válido:

$Z_{L1} = R_L$ en serie con $Z_{O2} = R_L + Z_{O1} = R_L + R_D$

$Z_{L2} = R_L + Z_{O1} = R_L + R_C$)

(5) Obtener las ganancias [illegible] carga

Es válido:

$$A_{v1}\Big|_{R_L<\infty} = A_{v1}\Big|_{R_L=\infty} \cdot \frac{Z_{L1}}{Z_{o1}+Z_{L1}}$$

$$A_{v2}\Big|_{R_L<\infty} = A_{v2}\Big|_{R_L=\infty} \cdot \frac{Z_{L2}}{Z_{o2}+Z_{L2}}$$

O bien, si estudiáramos el circuito equivalente en alterna, llegaríamos, igualmente, a:

$$A_{v1} = -\frac{h_{fe}\left[R_C // (R_L + R_D)\right]}{h_{ie} + (h_{fe}+1) R_E}$$

$$A_{v2} = -\frac{g_m\left[R_D // (R_L + R_C)\right]}{1 + g_m R_S}$$

(6) Sabemos que $V_o = V_{RL} = V_{o1} - V_{o2} = A_{v1} \cdot v_{i1} - A_{v2} \cdot v_{i2}$

así pues:

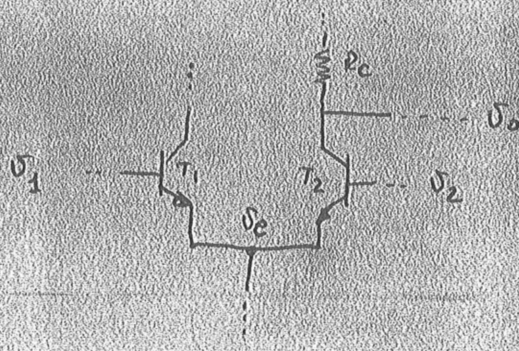
$$V_o = -\frac{h_{fe}\left[R_C // (R_L + R_D)\right]}{h_{ie} + (h_{fe}+1) R_E} \cdot v_{i1} + \frac{g_m\left[R_D // (R_L + R_C)\right]}{1 + g_m R_S} \cdot v_{i2}$$

$$v_o = -\frac{100\left[10k // (1k + 10k)\right]}{2k + (101)\, 1k}\, v_{i1} + \frac{50m\left[10k // (1k + 10k)\right]}{1 + 50m \cdot 1k} \cdot v_{i2}$$

($10k // (1k+10k) \rightarrow 5{,}238\,k$; $2k + (101)\,1k \rightarrow 103k$; $1 + 50m \cdot 1k \rightarrow 51$)

$$v_o = -5{,}08\, v_{i1} + 5{,}13\, v_{i2}$$

(1°) Una forma de determinar cuál es la entrada inversora ($v-$) y no inversora ($v+$) es siguiendo el "recorrido" de la señal desde las entradas hasta la salida:



$v_1 \xrightarrow{T1 \text{ colector común}} v_e \xrightarrow{T2 \text{ base común}} v_o$

$v_2 \xrightarrow{T2 \text{ emisor común}} v_o$

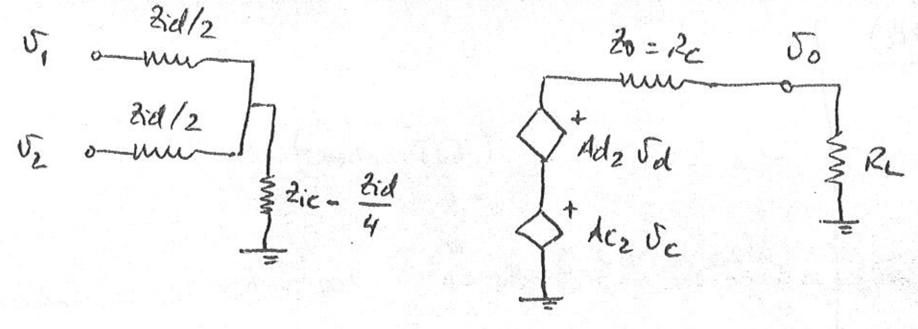
Y puesto que las configuraciones:

emisor común → inversora

base común
colector común } → no inversora

$\Rightarrow \quad v_1 = v+ \qquad v_2 = v-$

(2°) (A partir del modelo deducido en Teoría)



$v_d = v_1 - v_2$

$v_c = \frac{v_1 + v_2}{2}$

Observaciones:

i) Podemos usar el modelo del Amplificador Diferencial deducido en clases de Teoría pues: $T_1 = T_2$ y $R_{B1} = R_{B2} = 0$.

ii) Sólo hay salida por el colector de T_2, pues en T_1 no hay resistencia de colector ($R_{C1} = 0 \Rightarrow Ad_1 = Ac_1 = 0$).

③

para $R_B = 0$, $R_E \equiv Z_{of}$:

$$Z_{id} = 2 h_{ie}$$

$$Z_{ic} = \frac{h_{ie}}{2} + Z_{of}(h_{fe}+1)$$

$$Z_o = R_C$$

$$A_{d_2} = + \frac{h_{fe} R_C}{2 h_{ie}}$$

$$A_{c_2} = \frac{- h_{fe} R_C}{h_{ie} + 2 Z_{of}(h_{fe}+1)}$$

ganancias sin carga

Al considerar la carga:

$$A_D = A_{d_2} \cdot \frac{R_L}{R_C+R_L} = \frac{+ h_{fe}(R_C // R_L)}{2 h_{ie}}$$

$$A_C = A_{c_2} \cdot \frac{R_L}{R_C+R_L} = \frac{- h_{fe}(R_C // R_L)}{h_{ie} + 2 Z_{of}(h_{fe}+1)}$$

---

④

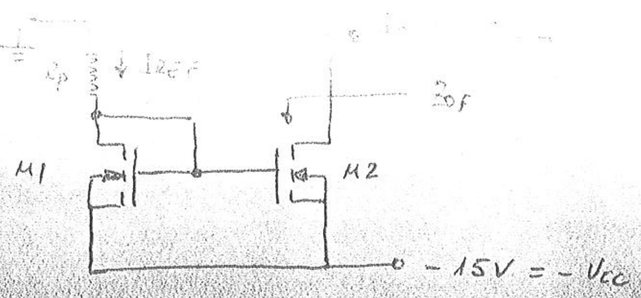
$$\left.\begin{array}{l} A_D = \dfrac{+ h_{fe}(R_C // R_L)}{2 h_{ie}} \\ h_{ie} = \dfrac{25 mV}{I_{BQ}} \\ A_D = 100 \\ h_{FE} = h_{fe} = 100 \\ R_C = 1,8 k\Omega \\ R_L = 2 k\Omega \end{array}\right\} I_{BQ} = 52,8 \mu A \Rightarrow$$

(BJT activa)

$$I_{CQ} = h_{FE} I_{BQ} = 5,28 mA$$

$$I_{EQ} = (h_{FE}+1) I_{BQ} = 5,33 mA$$

Puesto que $T_1 = T_2$, $V_{BEQ1} = V_{BEQ2}$ $\Big\}$ $I_{EQ} = I_{EQ1} = I_{EQ2} \Rightarrow I_O = I_{EQ1} + I_{EQ2} = 2 I_{EQ} = 10,66 mA$



Suponiendo saturación, $M1 = M2$, $V_{GS1} = V_{GS2}$ $\Rightarrow$ $I_{D1} = I_{D2} \Rightarrow I_O = I_{REF} = I_D = 10\,mA$.

Calculamos $V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS}$, suponiendo MOSFETs en saturación:

$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 \Rightarrow 10\,mA = 25\,mA\left(1 - \frac{V_{GS}}{4V}\right)^2 \Rightarrow V_{GS} = \begin{cases} 6{,}53V > V_p \Rightarrow \text{correcto} \\ \cancel{1{,}47V < V_p} \end{cases}$$

KVL:

$$I_{REF} \cdot R_p + V_{GS} - V_{cc} = 0 \Rightarrow \underline{R_p} = \frac{V_{cc} - V_{GS}}{I_{REF}} = \frac{15V - 6{,}53V}{10\,mA} = \underline{847\,\Omega}$$

Por otra parte, $\underline{Z_{of} = r_{ds}} = \frac{100\,V}{I_{DQ}} = \frac{100\,V}{10\,mA} = \underline{10\,k\Omega}$

---

⑥

$$\underline{A_C} = \frac{-h_{fe}(R_C // R_L)}{h_{ie} + 2Z_{of}(h_{fe}+1)} = \frac{-100\,(1'8k\Omega // 2k\Omega)}{500\Omega + 2 \cdot 10k\Omega\,(101)} = \underline{-0{,}047}$$

$$A_D = \frac{+h_{fe}(R_C // R_L)}{2\,h_{ie}} = \frac{100\,(1{,}8k\Omega // 2k\Omega)}{2 \times 500\,\Omega} = 94{,}7$$

$$\underline{CMRR} = \left|\frac{A_D}{A_C}\right| \simeq \underline{2000} \Leftrightarrow CMRR_{dB} \simeq 66\,dB$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{h_{FE}} = \frac{I_O/2}{h_{FE}} = \frac{10mA/2}{100} = 50\mu A \Rightarrow h_{ie} = \frac{25\,mV}{50\mu A} = 500\,\Omega$$

---

⑦ Teniendo en cuenta que:

$$CMRR = \left|\frac{A_D}{A_C}\right| = \cdots = \frac{1}{2} + \frac{Z_{of}}{h_{ie}}(h_{fe}+1)$$

, se observa que para aumentar el CMRR se puede <u>aumentar el valor de Z_{of}</u>; para aumentar Z_{of}, una posible solución sería construir la fuente de corriente a partir de un espejo de corriente de Wilson o de Widlar.

HOJA DE RESPUESTA TEST

SEPTIEMBRE 1996 1er CUATRIMESTRE

APELLIDOS: ______________________________	
NOMBRE: ______________________	D.N.I: ______________

OBSERVACIONES:

1.- Marcar con un círculo la respuesta considerada correcta.
2.- Para anular una respuesta superponer una X al círculo.
3.- Cualquier otra marca provocará que la respuesta sea considerada errónea.
4.- Cada respuesta errónea descontará 1/4 del valor de cada pregunta.
5.- PUNTUACION: 4 puntos.

PREGUNTA 1	A	B	(C)	D
PREGUNTA 2	A	(B)	C	D
PREGUNTA 3	(A)	B	C	D
PREGUNTA 4	A	(B)	C	D
PREGUNTA 5	A	(B)	C	D
PREGUNTA 6	A	B	C	(D)

Código de prueba 1429672

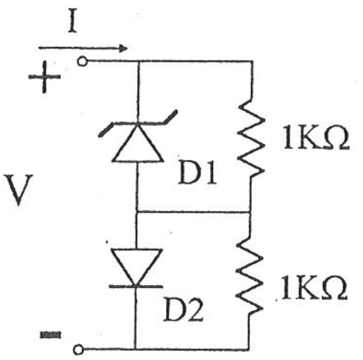
PREGUNTA 1

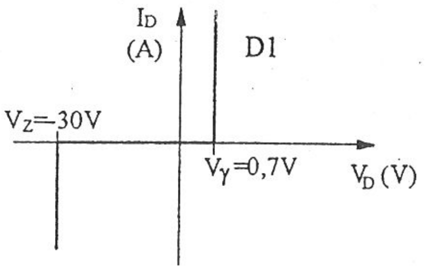
Indicar cuál es la afirmación falsa:

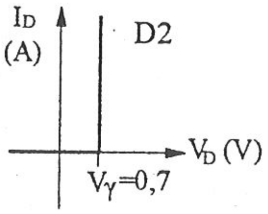
a) La Generación de pares e^{-}-h^{+} en un semiconductor aumenta con la temperatura.
b) La incidencia de luz en un semiconductor aislado aumentará la Generación y a su vez la Recombinación (suponiendo que la energía de los fotones es mayorque E_{gap}).
c) Si G=R (Generación = Recombinación), se debe cumplir n = p.
d) La recombinación aumenta si n o p aumentan.

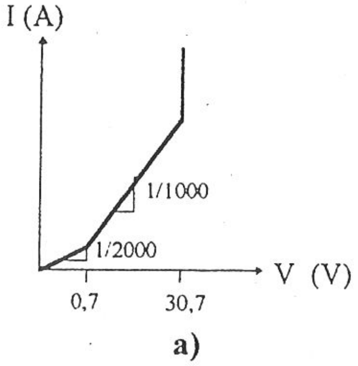
PREGUNTA 2

Indicar cuál es la característica V/I correcta del siguiente circuito:

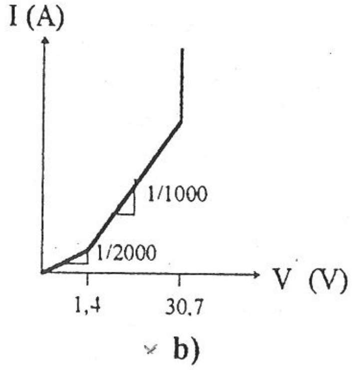




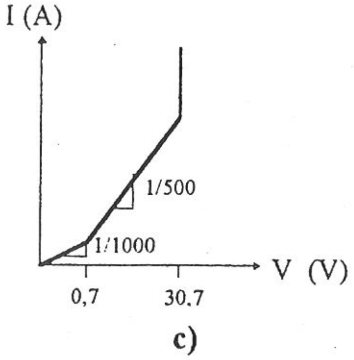




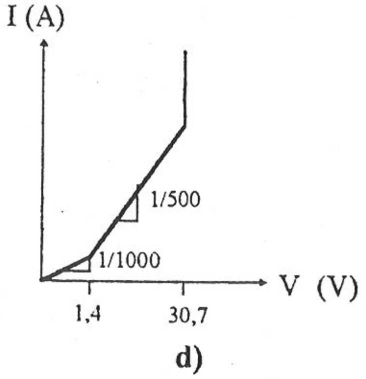
a)



b)



c)



d)

PREGUNTA 3

Disponemos una unión P-N aislada y en equilibrio, cuyas zonas P y N están fuertemente dopadas. Sabiendo que, además, la zona P está mucho más dopada que la zona N, indicar cuál es la relación correcta:

a) $n_{po} < p_{no}$

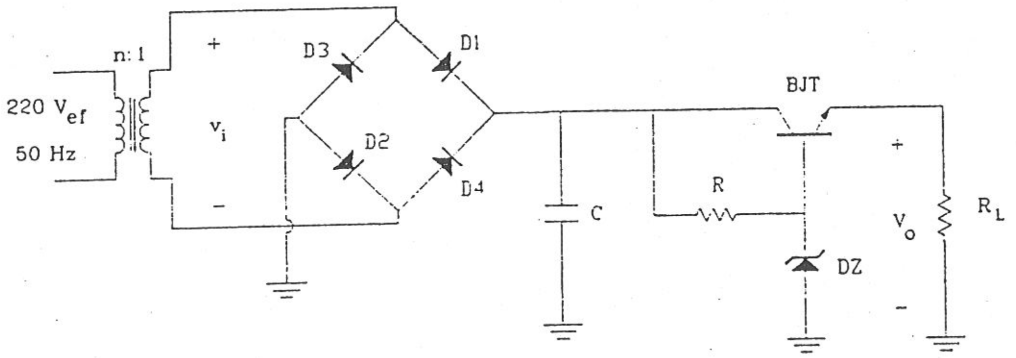
b) $p_{po} < n_{po}$

c) $n_{no} < p_{no}$

d) $p_{po} < n_{no}$

PREGUNTA 4

Indicar la afirmación correcta sobre el circuito regulador de tensión de la figura adjunta (se sabe que la tensión de salida es aproximadamente de 10V):



a) Los diodos D1 y D2 conducen durante todo el semiperiodo en el que la tensión en la entrada del transformador es positiva.

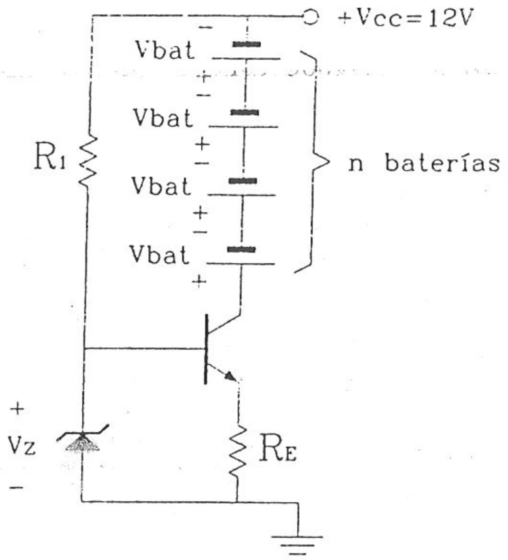
b) El rizado de la tensión sobre la resistencia de carga nunca podrá ser superior al rizado de la tensión sobre el condensador de filtrado.

c) La potencia máxima que debe soportar el diodo zener aumenta a medida que la capacidad del condensador de filtrado disminuye.

d) Todos los diodos deben soportar una tensión inversa del doble de la máxima que aparece en la salida del transformador.

PREGUNTA 5

El siguiente circuito representa un descargador de baterías Ni-Cd, basado en un BJT que trabaja en zona activa con una corriente de colector constante de ICQ=10mA.



RE=500Ω

VCE(sat)=0,5V

VCE(máx)=20V

Vbat=1,2V

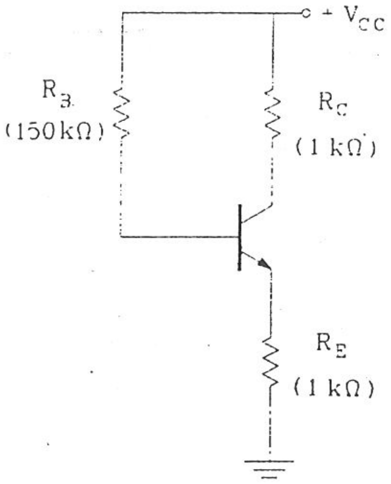
hFE=500

¿Cuál será el número máximo de baterías (n) que podrán conectarse sin que se destruya el BJT?

a) n = 11 **b)** n = 10 **c)** n = 6 **d)** n = 8

PREGUNTA 6

Indicar la afirmación **incorrecta** sobre el circuito de la figura:



a) El transistor no puede estar polarizado en región de saturación.

b) En activa, la tensión entre colector y emisor es insensible a las variaciones de la tensión de alimentación.

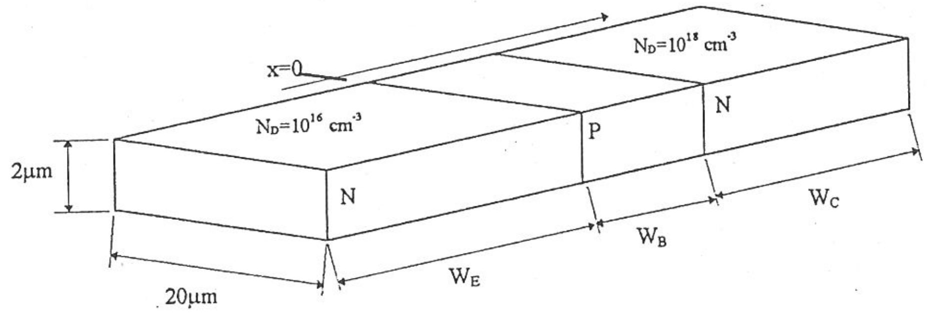
c) Al aumentar la tensión de alimentación la potencia disipada sobre la resistencia de colector aumenta.

d) En activa, la potencia disipada por el transistor es constante.

Datos: h_{FE} =150, V_{BEact} =0.7V, V_{CEsat} =0.2V

SOLUCIÓN PROBLEMA 1   PRIMER CUATRIMESTRE

La siguiente figura representa un transistor bipolar del cual se conocen ciertos datos:



$\mu_n = 2{,}1 \cdot 10^9 T^{-2{,}5} \dfrac{cm^2}{V \cdot s}$

$\mu_p = 2{,}3 \cdot 10^9 T^{-2{,}7} \dfrac{cm^2}{V \cdot s}$

$T = 293^\circ K$

$n_i^2 = 1{,}5 \bullet 10^{33} T^3 e^{\frac{-14000}{T}} cm^{-6}$

$q = 1{,}6 \bullet 10^{-19} C$

$V_T = 25mV$

1) Suponiendo el transistor aislado y en equilibrio, hallar la diferencia de tensión entre las dos zonas neutras N.

Podemos hallar la diferencia de tensión entre los dos puntos mediante las ecuaciones de Boltzmann:

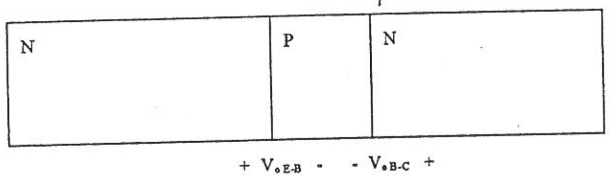
$$V_2 - V_1 = V_T \ln \frac{n_2}{n_1}$$

Aplicándolas en $x_1=W_B+W_C$ y en $x_2=-W_E$, la diferencia de tensión entre las dos zonas neutras es V_2-V_1.
Teniendo en cuenta que $n_1 = n(W_B+W_C) = N_D = 10^{18}$cm^{-3} y $n_2 = n(-W_E) = N_D = 10^{16}$cm^{-3}, obtenemos:

$$\boxed{V_2 - V_1 = V_T \ln \frac{n_2}{n_1} = 0{,}025 \ \ln \frac{10^{16}}{10^{18}} = -115mV}$$

(El signo de la tensión no se había definido ni se preguntaba).
También hubiera sido válido hallar el *potencial de contacto* en las dos uniones PN de que consta el transistor bipolar, restándolas:

$$V_o = V_T \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$$



en la unión emisor-base: $V_{o \ E-B} = V_T \ln \dfrac{N_A N_D}{n_i^2} = 0.025 \ln \dfrac{N_A 10^{16}}{n_i^2}$

3) Sobre la siguiente expresión de la ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = G_{ext} - \frac{p - p_o}{t_p} - m\,\frac{\partial (p \cdot E)}{\partial x} + D_p \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$$

comentar brevemente que representa cada uno de los cuatro términos de la ecuación, indicando el significado de cada variable.

$\frac{\partial p}{\partial t}$ es la *variación instantánea* de la concentración de *huecos* (p) en un punto del s.c.

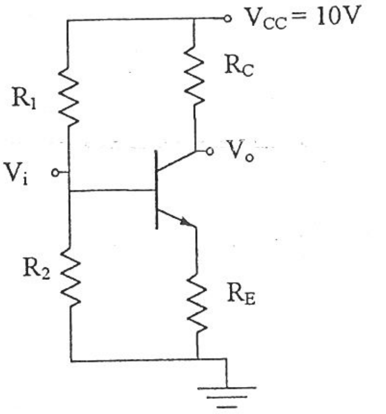
G_{ext} es la *generación* de pares e^{-}-h^{+} *debido a causas externas,* no se incluye la componente térmica en equilibrio.

$-\frac{p - p_o}{t_p}$ es la componente de la *recombinación debida al exceso de portadores,* que no se contrarresta con la generación espontánea, propia del silicio. p_o: concentración de huecos en equilibrio, $t_p = \tau_p$ = tiempo de vida de los huecos.

$-m\,\frac{\partial (p \cdot E)}{\partial x}$ es la *variación en el espacio de la corriente de arrastre,* teniendo en cuenta que proviene del producto p·E. E = campo eléctrico, m = μ_p = movilidad de los huecos.

$D_p \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$ es la *variación en el espacio de la corriente de difusión,* presentada a través de la segunda derivada de la concentración de huecos. D_p = difusividad de huecos.

Deseamos polarizar el siguiente BJT:



Datos:

$h_{fe} = 300 - \left(I_{CQ}(mA) - 10\right)^2$

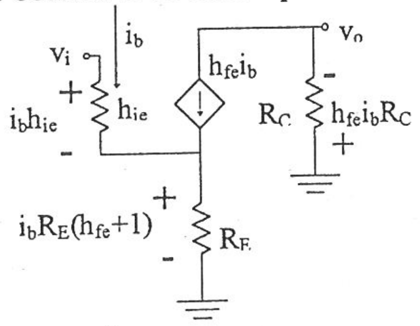
$h_{ie} = \dfrac{V_T}{I_{BQ}}$

$r_{oe} \to \infty$

$h_{FE} = 300$

4) Obtener la expresión de la ganancia de tensión: $A_V = \dfrac{v_o}{v_i}$. Indicar el valor de R_E a usar si se desea obtener ganancia máxima, justificadamente.

El primer paso a realizar es obtener el circuito equivalente en alterna del amplificador:



De donde obtenemos la salida: $v_o = -i_b h_{fe} R_C$

y expresamos la entrada como: $v_i = v_{hie} + v_{R_E} = i_b h_{ie} + i_b\left(h_{fe}+1\right)R_E$

obteniendo: $\boxed{A_v = \dfrac{v_o}{v_i} = \dfrac{-i_b h_{fe} R_C}{i_b h_{ie} + i_b\left(h_{fe}+1\right)R_E} = -\dfrac{h_{fe} R_C}{h_{ie} + \left(h_{fe}+1\right)R_E}}$

si deseamos ganancia máxima, minimizaremos el denominador mediante $\boxed{R_E = 0}$.

quedando: $\boxed{A_v = -\dfrac{h_{fe} R_C}{h_{ie}}}$

5) Hallar el máximo valor de h_{fe} y la corriente de colector a la cual se produce. Con esta h_{fe} e I_{CQ}, ¿se obtiene la máxima ganancia de tensión del amplificador? Razonar la respuesta.

El parámetro h_{fe} proporcionado depende de I_{CQ} según: $h_{fe} = 300 - \left(I_{CQ}(mA) - 10\right)^2$

El valor máximo de esta expresión se obtiene cuando el término negativo es nulo, es decir, si el paréntesis vale cero, lo que se produce con: $\boxed{I_{CQ} = 10mA}$

El máximo de h_{fe} será: $\boxed{h_{fe_max} = 300}$

Para ver si el valor de ganancia es máximo podemos razonar según lo siguiente:

a partir de la ganancia obtenida con R_E=0 (también con $R_E \neq 0$): $A_v = -\dfrac{h_{fe}R_C}{h_{ie}}$

podemos substituir: $h_{fe} = 300 - \left(I_{CQ}(mA) - 10\right)^2$, $h_{ie} = \dfrac{V_T}{I_{BQ}}$ y $I_{BQ} = \dfrac{I_{CQ}}{h_{FE}}$,

resultando: $A_v = -\dfrac{1}{V_T}\dfrac{I_{CQ}}{h_{FE}}h_{fe}R_C = -\dfrac{1}{V_T}\dfrac{R_C}{h_{FE}}I_{CQ}\left[300 - \left(I_{CQ} - 10\right)^2\right]$

término cuyo valor puede aumentar con posteriores aumentos de I_{CQ} sobre 10mA, gracias a incrementos de I_{BQ} (disminuir R_1).

6) Con R_E=500Ω, calcular los valores de R_1 y R_2 que polarizan el transistor a máxima h_{fe}.

En el circuito de polarización en continua, se debe cumplir V_E = 500Ω·10,033mA ≈ 5V, por lo tanto V_B = 5,7V ($V_{BE\ activa}$= 0,7V, por ejemplo) .

Como $I_{R1} = I_{R2} + I_B$ entonces: $\dfrac{12-5,7}{R_1} = \dfrac{5,7}{R_2} + 33\mu A$ y aislando podemos obtener los valores de R_1 y R_2 que polarizan adecuadamente la base: $R_1 = \dfrac{6,3R_2}{5,7 + 33\mu R_2}$

También hubiera sido válido razonar identificando el circuito de polarización de base con el equivalente de Thevenin, y utilizar el grado de libertad disponible para fijar un valor de R_B, etc.

E/0

HOJA DE RESPUESTA TEST

SEPTIEMBRE 1996 2º CUATRIMESTRE

APELLIDOS: ____________________	
NOMBRE: ____________________	D.N.I: ____________

OBSERVACIONES:

1.- Marcar con un círculo la respuesta considerada correcta.
2.- Para anular una respuesta superponer una X al círculo.
3.- Cualquier otra marca provocará que la respuesta sea considerada errónea.
4.- Cada respuesta errónea descontará 1/4 del valor de cada pregunta.
6.- PUNTUACION: 3 puntos.

PREGUNTA 1	A	(B)	C	D
PREGUNTA 2	(A)	B	C	D
PREGUNTA 3	A	(B)	C	D
PREGUNTA 4	A	(B)	C	D
PREGUNTA 5	A	B	(C)	D
PREGUNTA 6	A	B	(C)	D

Código de prueba 6512592

PREGUNTA 1

Indicar la afirmación correcta:

a) La ganancia de tensión en una etapa amplificadora en colector común con condensador desde emisor a masa es aproximadamente la unidad.

b) Al desconectar el condensador de emisor en una etapa amplificadora en emisor común la ganancia de tensión disminuye.

c) La ganancia de tensión en una etapa en emisor común no depende del valor de la corriente de colector en reposo.

d) La impedancia de entrada de una etapa amplificadora en surtidor común depende de la resistencia de drenador.

PREGUNTA 2

Una aproximación de la característica V/I de un JFET polarizado en saturación (que considera los efectos de v_{DS} sobre i_D), es dada por la siguiente expresión:

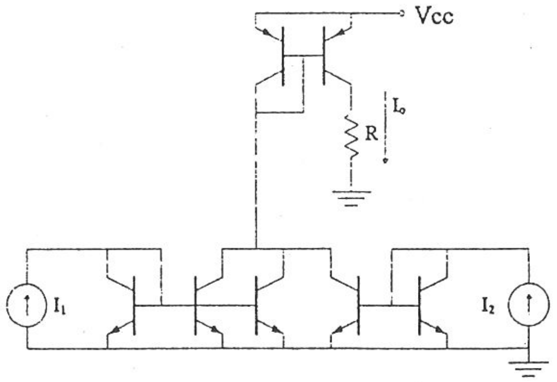
$$i_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{v_{GS}}{v_P}\right)^2 \left(1 + \lambda v_{DS}\right)$$

Si el JFET presenta las siguientes características: I_{DSS}=10mA; V_P=-4V; λ=0,01V^{-1} y está polarizado en V_{DSQ}=10V, V_{GSQ}= -1,5V, ¿Cuál será el valor del parámetro r_{DS} del modelo de pequeña señal?

a) r_{DS} = 25,6KΩ **b)** r_{DS} = 16KΩ **c)** $r_{DS} \rightarrow \infty$ **d)** r_{DS} = 0

PREGUNTA 3

En el siguiente circuito, realizado con espejos de corriente, ¿cuál es la expresión de la corriente de salida I_o? (Nota: supóngase que todos los BJT están en activa y que todas las corrientes de base se pueden despreciar frente a las de colector).



a) $I_o = 0{,}5I_1 + I_2$

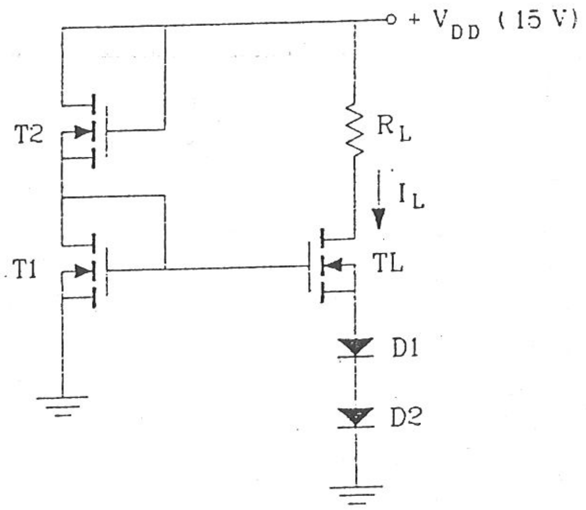
b) $I_o = 2I_1 + I_2$

c) $I_o = 2I_1 - I_2$

d) $I_o = I_1 + 2I_2$

PREGUNTA 4

Indicar el margen de valores que puede tomar la resistencia de carga para que el circuito de la figura se comporte como una fuente de corriente:



a) $1k\Omega < R_L < 10k\Omega$.

b) $R_L < 4.6k\Omega$.

c) $R_L > 500\Omega$.

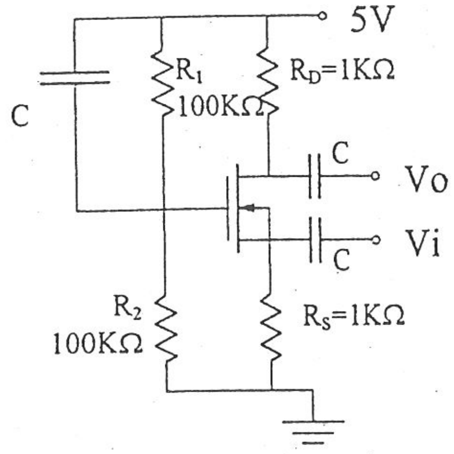
d) $R_L < 5.2k\Omega$.

Datos: T1, T2 y TL idénticos con I_{DSS} =10mA y V_P =4V

D1 y D2 ideales con V_γ =0.75V

PREGUNTA 5

Hallar la ganancia de tensión en el circuito de la figura, utilizando: V_P= -6V, $r_{ds}=\infty$, g_m=1mA/V, $C\omega\to\infty$.



a) A_V=0; pues el MOS está polarizado en corte.

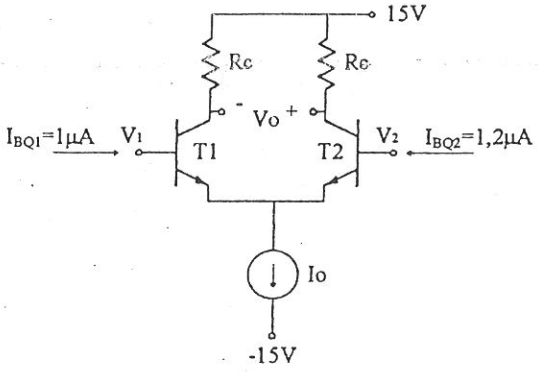
b) A_V= -1; debemos añadir el signo por ser una etapa inversora.

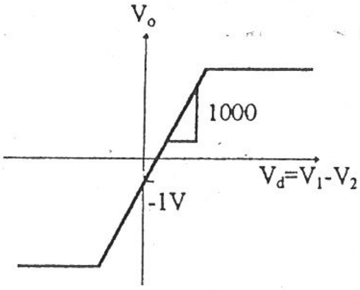
c) A_V=1; esta etapa no es inversora.

d) A_V=0; pues no llega tensión de entrada a salida debido a los condensadores.

PREGUNTA 6

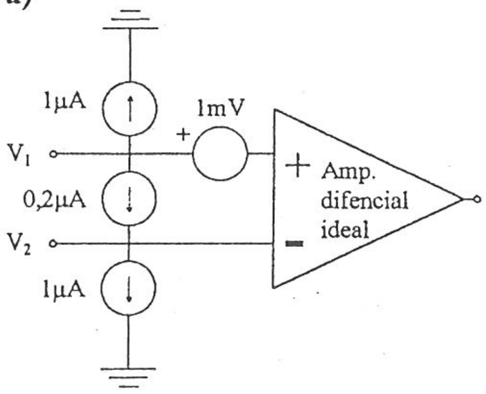
En el amplificador diferencial de la figura tenemos unas corrientes de polarización de base de 1μA i 1,2μA. Su característica $V_o(V_d)$ se ve representada en la figura, mostrando la existencia de offset:



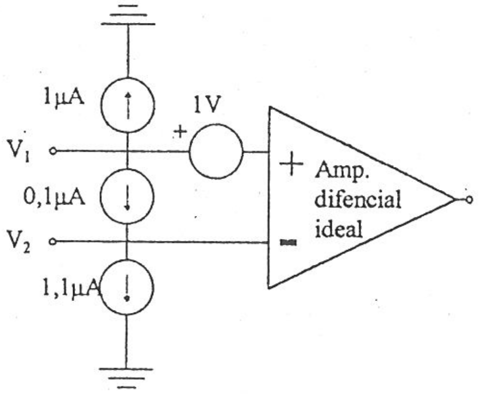


Indicar a cual de los siguientes modelos se ajusta mejor el amplificador diferencial, utilizando un amplificador diferencial ideal, sin efectos de offset ni corrientes de polarización:

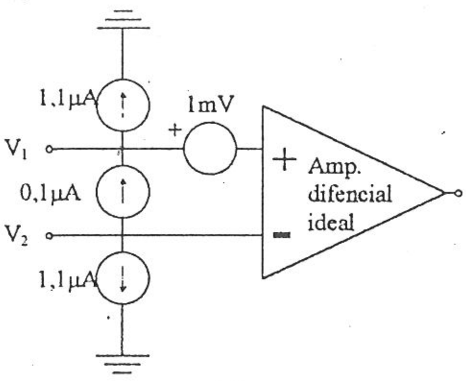
a)



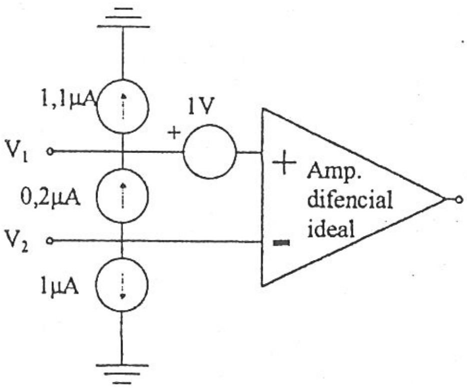
b)



c)



d)



ESCOLA UNIVERSITARIA POLITECNICA DE VILANOVA I LA GELTRU	
EXAMEN DE ELECTRONICA FUNCIONES	SEPTIEMBRE 1996 2° CUATRIMESTRE

PROBLEMA 1 *(4 puntos)*

La figura 1 muestra un amplificador constituido por una etapa en emisor común acoplada en continua (acoplo directo) con una etapa en surtidor común.

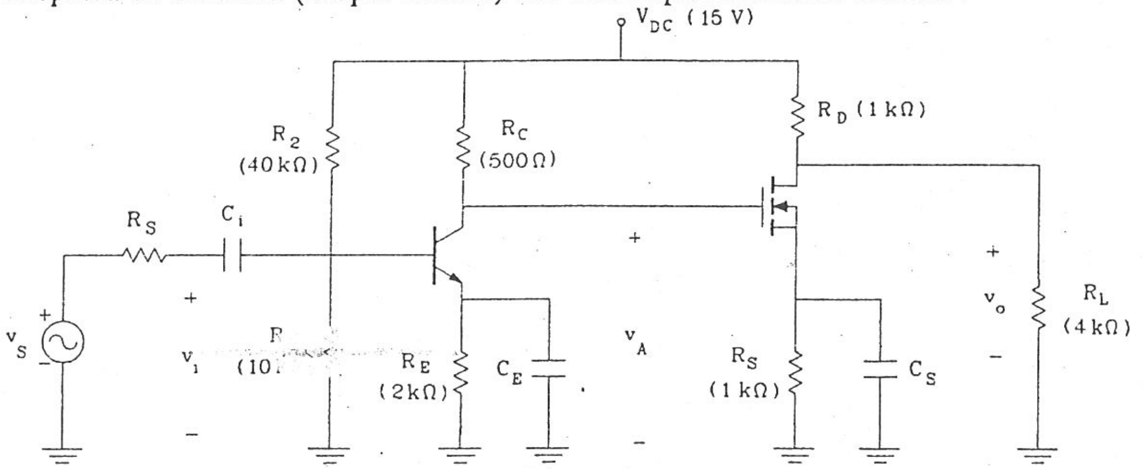


Figura 1

Sabiendo que los transistores se encuentran polarizados en región activa (I_{CQ} =1.1mA, V_{CEQ} =12.2V) y en saturación (I_{DQ} =1.4mA, V_{DSQ} =9.5V), se pide:

1.- Obtener los márgenes dinámicos de la tensión entre colector y emisor del transistor bipolar: ΔV_{CEsat} y $\Delta V_{CEcorte}$.

2.- Calcular los márgenes dinámicos de la tensión entre drenador y surtidor del transistor de efecto campo: ΔV_{DSohm} y $\Delta V_{DScorte}$.

Si la tensión de entrada al amplificador v_S supera un cierto valor, la tensión de salida de la etapa en emisor común v_A y la tensión de salida del amplificador v_o presentan las formas mostradas en la figura 2.

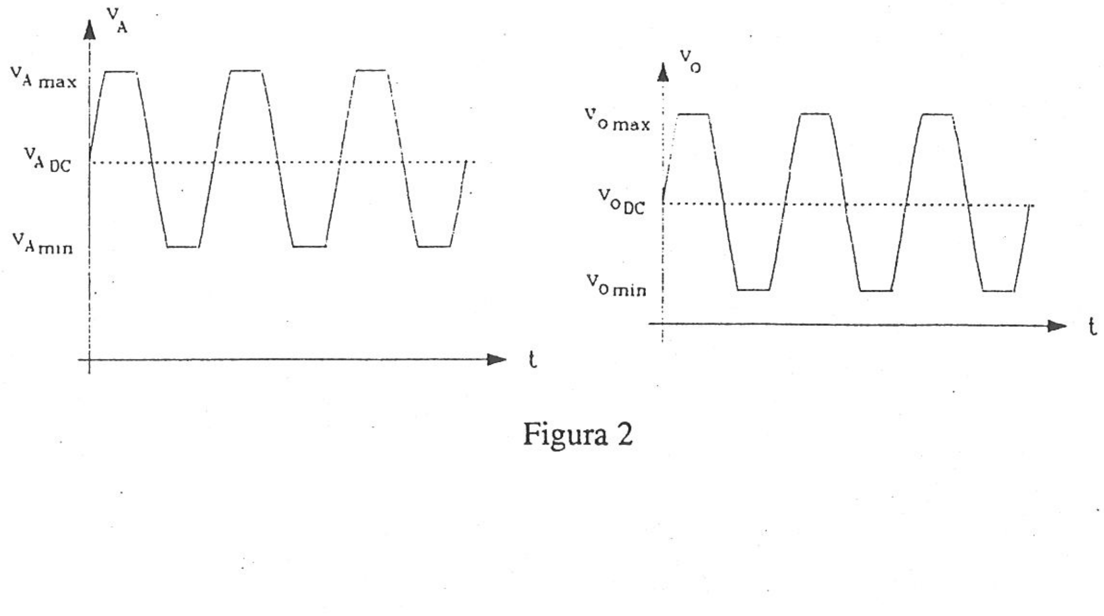


Figura 2

3.- Calcular el valor de las tensiones v_{Amax} y v_{Amin} considerando que **el amplificador se haya constituido únicamente por la etapa en emisor común.**

4.- Considerando nuevamente el **amplificador completo** de la figura 1, calcular el valor de las tensiones v_{omax} y v_{omin}. ¿Qué dispositivo limita estos valores máximo y mínimo de la tensión de salida del amplificador?. Razonar la respuesta.

Datos:

BJT: $V_{BEact} = 0.7V$; $V_{CEsat} = 0.2V$; $h_{FE} = 100$; $h_{fe} = 120$; $h_{ie} = 1.25k\Omega$; $h_{oe} = h_{re} = 0$

MOST: $I_{DSS} = 1mA$; $V_P = 6V$; $g_m = 0.4mA/V$; $r_{ds} = \infty$

otros: $v_S = V_S \cdot \sin wt$; $wC_i, wC_E, wC_S \rightarrow \infty$

PROBLEMA 2

(3 puntos)

Dado el amplificador diferencial de la Fig. 2.1, realizado con BJTs idénticos y polarizados con una fuente de corriente supuesta no ideal, se pide:

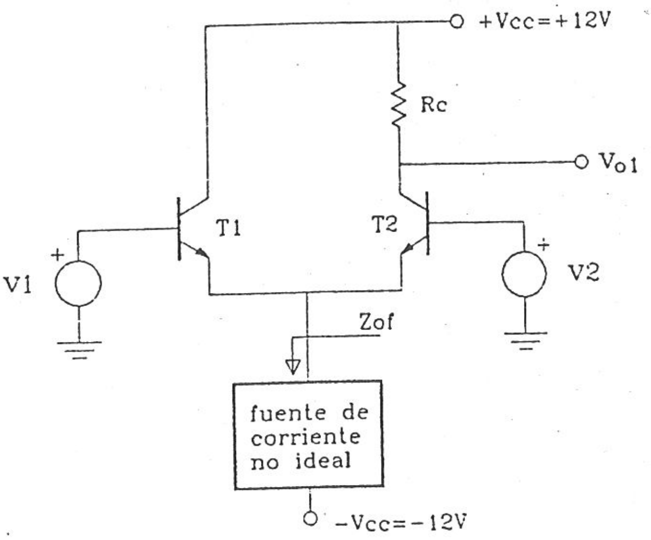


Fig. 2.1

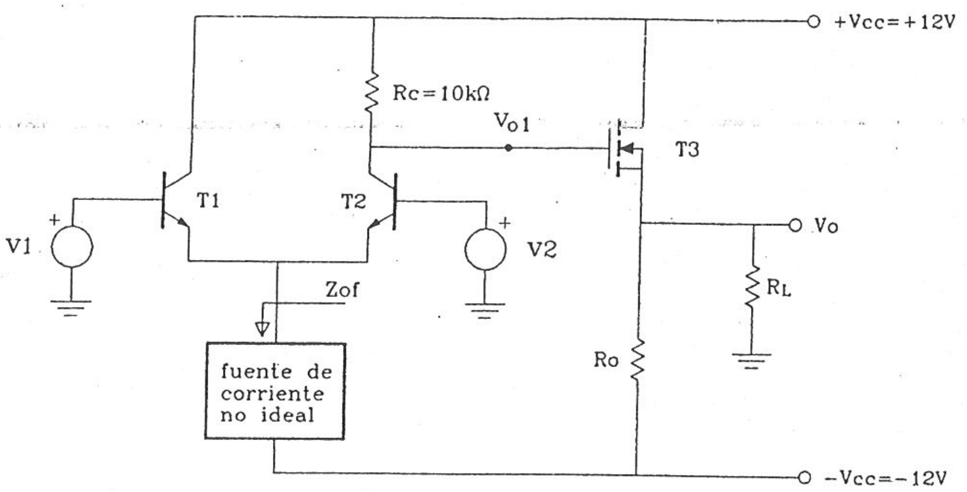
1.– Si las señales aplicadas a las entradas (v1 y v2) son tales que la tensión de entrada en modo diferencial es de vd = 3,5mV y la tensión de entrada en modo común es de vc = 125mV, ¿cuál debe ser el valor de la relación en rechazo en modo común (CMRR) para que la magnitud de la tensión de salida debida a la entrada en modo común sea 100 veces menor que la magnitud de la tensión de salida debida a la entrada en modo diferencial?

2.– Suponiendo los siguientes datos:

Rc = 10kΩ; ICQ1 = ICQ2 = 0,5mA; hfe1 = hfe2 = 100; hie1 = hie2 = 5kΩ; hoe1 = hoe2 = 0.

¿Cuál debe ser el valor de la impedancia de salida de la fuente de corriente (Zof) para lograr un CMRR=70dB?

3.– Con el fin de efectuar un desplazamiento de nivel de continua, se completa el circuito inicial, quedando como se representa en la Fig. 2.2:



Datos MOSFET:

$I_{DSS} = 5mA$

$V_P = 4V$

Fig. 2.2

Suponiendo que los BJTs del amplificador diferencial están polarizados con una ICQ=0,5mA, ¿cuál deberá ser el valor de la resistencia Ro para lograr que la tensión continua de salida sea de Vo=0?

4.– Si las ganancias del amplificador diferencial son:

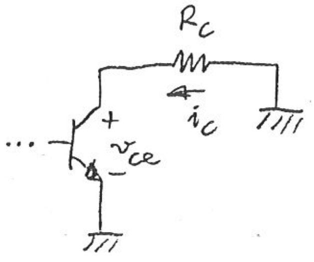
$$|Ad| = \left|\frac{vo1}{vd}\right|_{vc=0} = 100, \qquad |Ac| = \left|\frac{vo1}{vc}\right|_{vd=0} = 0,03$$

la transconductancia del MOSFET es gm=1,5mA/V, y los valores de las resistencias son Ro=4kΩ y RL=1kΩ, ¿cuáles serán los valores de las ganancias en modo diferencial y en modo común del amplificador completo, definidas como:

$$ADT = \left.\frac{vo}{vd}\right|_{vc=0}, \qquad ACT = \left.\frac{vo}{vc}\right|_{vd=0} \ ?$$

Prob. 1 Sep. 96
2º cuatrim.

1) $\Delta V_{CE_{sat}}$, $\Delta V_{CE_{corte}}$?

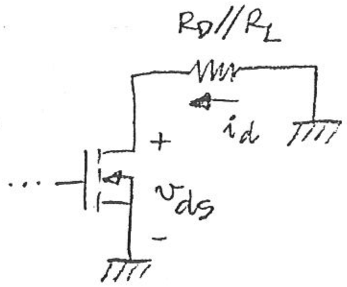


$$\left.\begin{aligned} v_{ce} &= -R_C \cdot i_c \\ v_{CE} &= V_{CEQ} + v_{ce} \\ i_C &= I_{CQ} + i_c \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} v_{CE} &= V_{CEQ} + R_C I_{CQ} - R_C\, i_C \\ \Delta V_{CE_{sat}} &= V_{CEQ} - V_{CE_{sat}} \\ \Delta V_{CE_{corte}} &= V_{CE_{corte}} - V_{CEQ} \end{aligned}$$

$$V_{CE_{corte}} = v_{CE}\Big|_{i_C=0} = V_{CEQ} + R_C I_{CQ} \Rightarrow \Delta V_{CE_{corte}} = R_C I_{CQ}$$

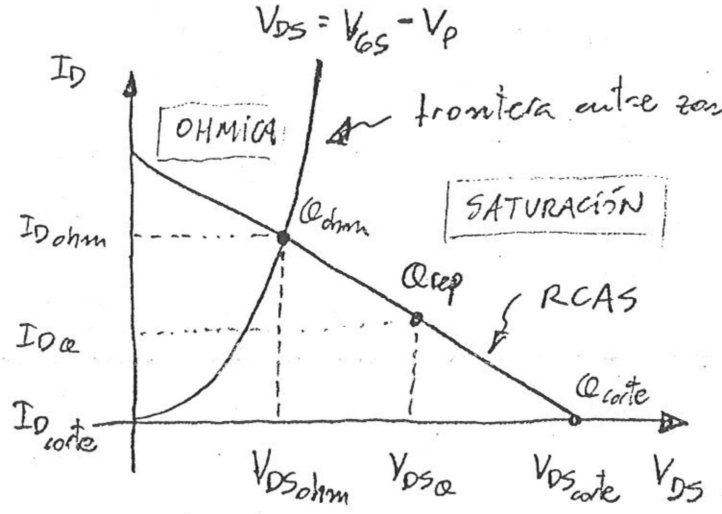
$$\underline{\underline{\Delta V_{CE_{sat}} = 12\,V_p}} \quad , \quad \underline{\underline{\Delta V_{CE_{corte}} = 0{,}55\,V_p}}$$

2) $\Delta V_{DS_{ohm}}$, $\Delta V_{DS_{corte}}$?



$$\left.\begin{aligned} v_{ds} &= -R_D//R_L \cdot i_d \\ v_{DS} &= V_{DSQ} + v_{ds} \\ i_D &= I_{DQ} + i_d \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} v_{DS} &= V_{DSQ} + R_D//R_L \cdot I_{DQ} - R_D//R_L \cdot i \\ \Delta V_{DS_{ohm}} &= V_{DSQ} - V_{DS_{ohm}} \\ \Delta V_{DS_{corte}} &= V_{DS_{corte}} - V_{DSQ} \end{aligned}$$

$$V_{DS_{corte}} = v_{DS}\Big|_{i_D=0} = V_{DSQ} + R_D//R_L \cdot I_{DQ} \Rightarrow \Delta V_{DS_{corte}} = R_D//R_L \cdot I_{DQ}$$



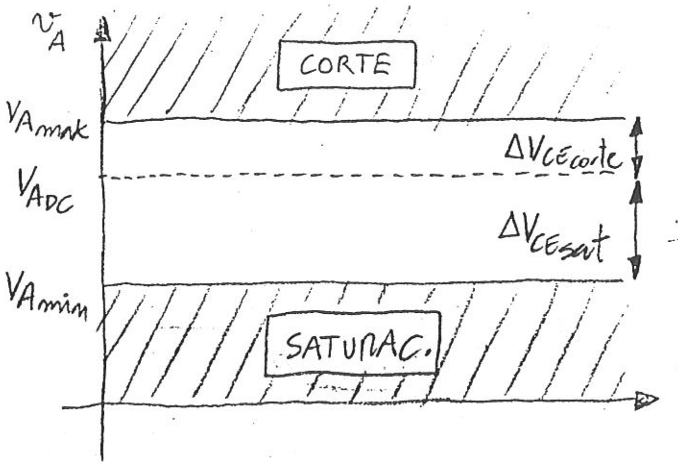
frontera :

$$\left.\begin{aligned} I_D &= I_{DSS}\left[\frac{V_{GS}}{V_P}\right]^2 \\ V_{DS} &= V_{GS} - V_P \end{aligned}\right\} \quad I_D = \frac{I_{DSS}}{V_P^2}\cdot V_{DS}^2$$

$$V_{DS\,ohm} = (RCAS) \cap \left(I_D = \frac{I_{DSS}}{V_P^2}\cdot V_{DS}^2 \right) = 8,87\,V$$

$$\Delta V_{DS\,ohm} = \underline{\underline{0,63\,V_P}} \quad , \quad \Delta V_{DS\,corte} = \underline{\underline{1,12\,V_P}}$$

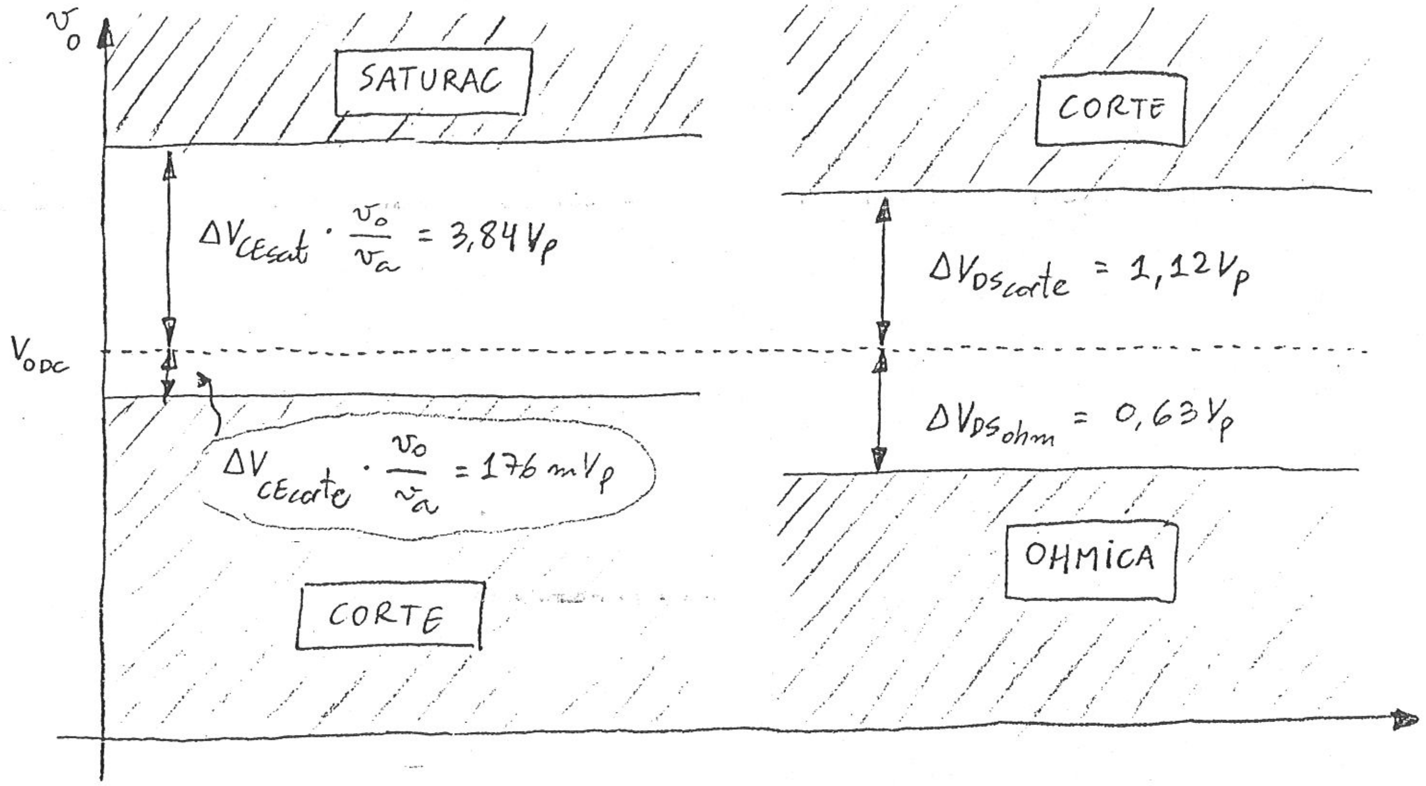
3) $V_{A\,max}$, $V_{A\,min}$?



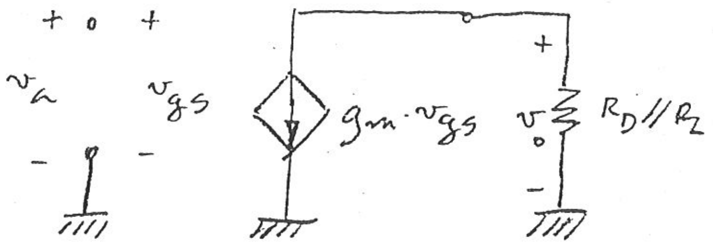
$$\left.\begin{aligned} V_{A\,max} &= V_{ADC} + \Delta V_{CE\,corte} \\ V_{A\,min} &= V_{ADC} - \Delta V_{CE\,sat} \\ V_{ADC} &= V_{CEQ} + R_E\cdot I_{CQ} \end{aligned}\right\}$$

$$V_{A\,max} = \underline{\underline{15\,V}} \quad , \quad V_{A\,min} = \underline{\underline{2,45\,V}}$$

4) V_{omax} , V_{omin} ?



Obsérvese la inversión de zonas que se produce en el diagrama de v_o para el caso del BJT (límite superior: SAT, inferior: CORTE), respecto al diagrama de v_A (ver figura en pag. 2). Esta inversión es debida a que la segunda etapa amplificadora es inversora:



$$\frac{v_o}{v_a} = -g_m \cdot R_D // R_L = -0.32$$

este es el mínimo

$$V_{omax} = V_{ODC} + \min\left(\Delta V_{CEsat} \cdot \frac{v_o}{v_a}, \Delta V_{DScorte}\right) = \underline{\underline{12V}}$$ Limita 2ª EA

$$V_{omin} = V_{ODC} - \min\left(\Delta V_{CEcorte} \cdot \frac{v_o}{v_a}, \Delta V_{DSohm}\right) = \underline{\underline{10,7V}}$$ Limita 1ª EA

este es el mínimo

Problema 2, 2º Cuatrimestre. Septiembre/96.

①

$$v_o = \underbrace{A_d \cdot v_d}_{\text{salida debida al modo diferencial}} + \underbrace{A_c \cdot v_c}_{\text{salida debida al modo común}}$$

Se desea que:

$$\left.\begin{array}{l} |A_c \cdot v_c| = \dfrac{|A_d \cdot v_d|}{100} \\ v_c = 125\,mV \\ v_d = 3{,}5\,mV \\ CMRR = \left|\dfrac{A_d}{A_c}\right| \end{array}\right\} \Rightarrow CMRR = 3571{,}4$$

$$\Downarrow$$

$$CMRR_{dB} = 20 \log (3571{,}4) \simeq 71\,dB.$$

---

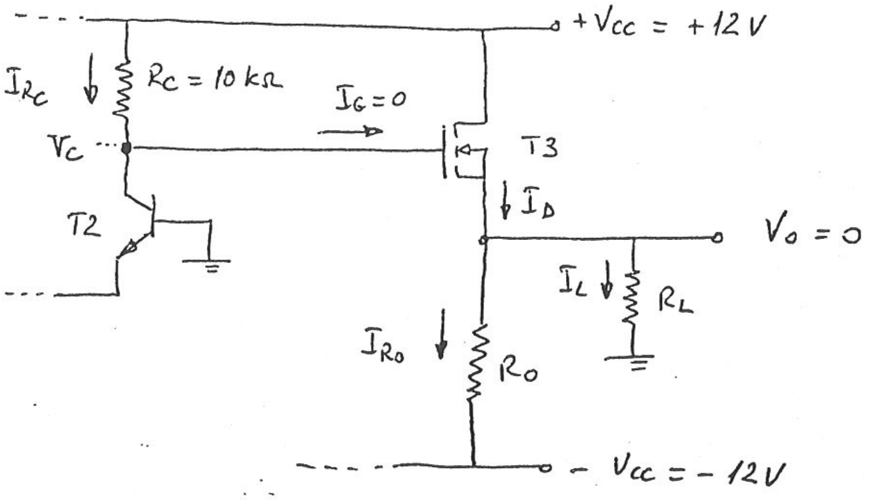
②

$$CMRR_{dB} = 70\,dB \Rightarrow CMRR = 3162{,}3$$

$$\left.\begin{array}{l} |A_d| = \dfrac{h_{fe} \cdot R_c}{2 h_{ie}} \\ |A_c| = \dfrac{h_{fe} \cdot R_c}{h_{ie} + 2 Z_{of} \cdot (h_{fe}+1)} \end{array}\right\} CMRR = \left|\dfrac{A_d}{A_c}\right| = \dfrac{1}{2} + \dfrac{Z_{of}}{h_{ie}} (h_{fe}+1) \Rightarrow Z_{of} = 156{,}5\,k\Omega$$

---

③



* Puesto que $V_0 = 0 \Rightarrow I_L = \dfrac{V_0}{R_L} = 0 \Rightarrow I_D = I_L + I_{R_0} = I_{R_0}$ (a)

* $I_{Rc} = \underset{0}{I_G} + I_C(T2) = I_C(T2) = I_{CQ2} = 0{,}5\,mA \Rightarrow V_C = V_{CC} - I_{Rc} \cdot R_C = 7V \Rightarrow$ (*)

(*) $\Rightarrow V_{GS3} = V_C - V_0 = 7V > V_p = 4V$ (puede estar en z. óhmica o saturación).

Suponemos saturación:

$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 = 2{,}81\,mA$$

$I_{DSS} = 5mA$
$V_p = 4V$
$V_{GS} = V_{GS3} = 7V$

¿saturación? $\Rightarrow V_{DS} > V_{GS} - V_p$

$V_{DS} = V_{CC} - V_0 = 12V$

$12V > 7V - 4V$, correcto $\Rightarrow$ saturación.

Finalmente: $I_{R_0} \overset{(a)}{=} I_D = \dfrac{V_0 - (-V_{CC})}{R_0} = \dfrac{12V}{R_0}$

$I_D = 2{,}81\,mA$

$R_0 = 4{,}27\,k\Omega$.

---

(4)

$v_{01} = A_d \cdot v_d + A_c \cdot v_c$

$v_0 = A_v(T3) \cdot v_{01}$

$$v_0 = \underbrace{A_d \cdot A_v(T3)}_{A_{DT}} \cdot v_d + \underbrace{A_c \cdot A_v(T3)}_{A_{CT}} \cdot v_c$$

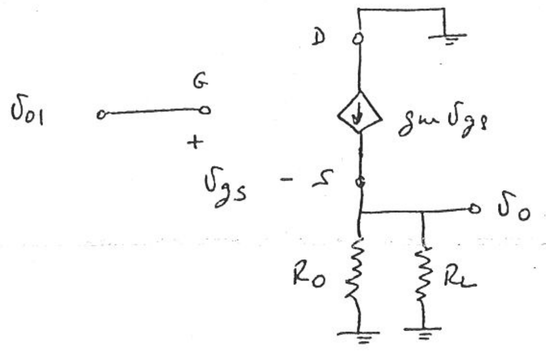
Tomando $v_d = v_1 - v_2$, $v_c = \dfrac{v_1 + v_2}{2}$, se tiene que $A_d > 0$ y $A_c < 0$

$\Downarrow$

$A_d = 100$

$A_c = -0{,}03$

Falta calcular $A_v(T3)$: (circuito equivalente en peq. señal) :



$$\left.\begin{aligned} v_o &= g_m v_{gs} (R_o \| R_L) \\ v_{01} &= v_{gs} + v_o = v_{gs}\left(1 + g_m (R_o \| R_L)\right) \end{aligned}\right\}$$

$$A_v(T3) = \frac{v_o}{v_{01}} = \frac{g_m (R_o \| R_L)}{1 + g_m (R_o \| R_L)} \simeq 0{,}55$$

Entonces :

$$A_{DT} = A_d \cdot A_v(T3) = 55$$

$$A_{CT} = A_c \cdot A_v(T3) = -0{,}02$$